



EESTI MAAÜLIKOOL
Metsandus- ja maaehitusinstituut

MIKK REBANE, JOOSEP RUSSAK

**REISBERGI TALU EHITUSTEHNILISE SEISUKORRA
HINDAMINE JA ELUHOONE
RENOVEERIMISLAHENDUSTE VÄLJATOOMINE KOOS
MAKSUMUSE ANALÜÜSIGA**

THE ASSESSMENT OF THE TECHNICAL CONDITION OF
THE REISBERG FARM AND CREATING THE RENOVATION
SOLUTIONS FOR RESIDENTIAL BUILDING WITH
ANALYSIS OF ITS COST

Magistritöö
Maaehituse õppekava

Juhendaja: lektor Kaarel Sahk, *MSc*

Tartu 2019



Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Magistritöö lühikokkuvõte	
Autorid: Mikk Rebane, Joosep Russak		Õppekava: Maaehitus	
Pealkiri: Reisbergi talu ehitustehnilise seisukorra hindamine ja eluhoone renoveerimislahenduste väljatoomine koos maksumuse analüüsiga			
Lehekülgi:181	Jooniseid: 75	Tabeleid: 14	Lisasid: 8
Osakond:		Maaehituse osakond	
ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood:		T220, ehitiste tehnilise seisukorra hindamine, ehituste renoveerimine	
Juhendaja:		lektor Kaarel Sahk	
Kaitsmiskoht ja -aasta:		Tartu, 2019	
<p>Eestlased on sadu aastaid elanud maal ja maaelamud on neile südamelähedased, kuid ajajooksul on need elamud vananenud ning peidavad endas olulisi puudusi, mis vajavad renoveerimist.</p> <p>Käesoleva lõputöö eesmärk on uurida Reisbergi talu ehitustehnilist seisukorda ja probleemide tekkepõhjuseid ning eluhoonele pakkuda välja renoveerimislahendused koos renoveerimise ligikaudse maksumusega.</p> <p>Reisbergi talu elu- ja kõrvalhoonete tehnilise seisukorra hinnangu leidmiseks kasutati visuaalse vaatluse meetodit, mille tulemused kajastati numbrilist hindamissüsteemi kasutades. Eluhoone soojakao hindamiseks kasutati termografeerimise meetodit, millega tehti mõõtmisi nii eluhoone sees kui ka väljas. Ventilaatori surveastamise meetodil määrati eluhoone välispiirete õhupidavus. Lisaks teostati sisetemperatuuri, suhtelise õhuniiskuse ning CO₂ kontsentratsiooni mõõtmised. Saadud tulemusi võrreldi standardites antud normidega. Eluhoone katuse puitkonstruktsioonides viidi läbi ka mittepurustavad uuringud, kus sarikates ja lae talades määrati niiskussisaldus ning jääkristlõikeid hinnati resistograafia.</p> <p>Tehniline seisukord on uuritavas eluhoones halb. Välisseintes on suured õhulekked ning esineb kriitilisi külmasildasid. Hoonetes esineb nii hallituse kui ka kondensaadi tekkeohtu. Hoone ventilatsioon on samuti halb, sest süsihappegaasi kontsentratsiooni tase on väga</p>			

kõrge. Mittepurustavatel meetoditel uuritud katuse puitkonstruktsioonid on terved ning mõõtetulemuste ja analüüsi tulemusena võime öelda, et neid asendama ei pea.

Eluhoonele leiti lahendused, mis tagavad hoone säilimise, tervisliku sisekliima ning energiatõhususe. Saadud hinnapakumiste põhjal arvutati ligikaudne renoveerimise maksumus. Antud lõputöö praktiline väärtus loob lisandväärtust eluhoone elanikele, kes saavad informatsiooni hoone seisukorra, probleemide ulatuse, renoveerimislahenduste ja maksumuse kohta. Ühtlasi annab lõputöö teoreetilise väärtuse ka sarnastele maaelamute omanikele, kes saavad antud lõputöös kirjeldatud meetodeid ja renoveerimislahendusi kasutada.

Märksõnad: Ehitustehniline seisukord, renoveerimine, sisekliima, mittepurustavad meetodid, resistograaf.

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Master's thesis	
Author: Mikk Rebane; Joosep Russak		Curriculum: Rural Engineering	
Title: The assessment of the technical condition of the Reisberg farm and creating the renovation solutions for residential building with analysis of its cost			
Pages: 181	Figures: 75	Tables: 14	Appendixes: 8
Department:		Department of Rural Building	
Field of research and (CERC S) code:		T220, assessment of technical conditions of buildings, building renovation	
Supervisors:		lecturer Kaarel Sahk	
Place and date:		Tartu, 2019	
<p>Estonians have lived for hundreds of years in the countryside and rural buildings are close to their hearts, but in the course of time the buildings have become obsolete and they conceal important shortcomings that need renovation.</p> <p>The aim of this thesis is to examine and document the current technical conditions of the Reisberg farm residential building, point out the problems encountered, their causes and provide renovation solutions for eliminating the problems and to determine how much the renovations would cost. An additional objective is to examine and document other buildings current technical conditions of the Reisberg farm.</p> <p>During the composition of this thesis, a visual observation was carried out to evaluate the technical condition of the buildings on the Reisberg farm based on numerical evaluation. Thermography was carried out outside and inside the residential building. The air permeability of the building was determined with the fan pressurization method. The indoor temperature, relative humidity and CO₂ concentration were measured with data loggers inside the residential building. The results were compared with the standards. The timber constructions of the roof of the residential building were evaluated with non-destructive methods, moisture content and cross-section deterioration was estimated with resistance drilling machine resistograph.</p>			

The technical condition of the building is bad. The exterior walls have big air leakages and critical thermal bridges occur. There are risks of mold growth and condensation from humidity. Also, the ventilation of the residential building is bad, and the CO₂ concentration is very high. Non-destructive methods show that the timber constructions of the roof are fine and there is no need to replace them.

The renovation solutions which were found for the residential building will ensure the preservation of the building, a healthy indoor climate and energy efficiency. The approximate cost of the renovation was calculated on the basis of the received price offers. The greatest practical value of the completed thesis is for the residents of the Reisberg farm by providing information about the technical conditions of the building, the scope of the problems, renovation solutions and how much it would approximately cost. The completed thesis will also benefit other similar rural house owners, as the problems and its causes are often similar.

Keywords: Technical condition, renovation, indoor climate, non-destructive methods, resistograph.

SISUKORD

KASUTATUD MÕISTETE SELGITUSED.....	7
SISSEJUHATUS	8
1. HOONE EHITUSTEHNILISE SEISUKORRA HINDAMISE LÄBIVIIMINE	11
1.1 Uuritava koha iseloomustus	11
1.2 Eesti talurahva elumajade areng alates 19. sajandi keskpaigast	12
1.3 Hoonete ehitustehniline seisukorra hindamine ja uurimine	17
1.4 Hoonete ehitustehnilise seisundi hindamismetoodika	18
2. ELUHOONE EHITUSTEHNILINE SEISUKORD JA SELLE TARINDID	20
2.1 Hoone tarindid	20
2.2 Uuritava eluhoone ehitustehniline seisukord	21
3. ELUHOONE SISEKLIIMA HINDAMINE	41
3.1 Termograafia	41
3.2 Temperatuur ja suhteline õhuniiskus	47
3.3 Piirete õhupidavus	57
3.4 CO ₂ sisaldus õhus.....	64
4. KATUSEKONSTRUKTSIOONIDE MITTEPURUSTAV UURIMINE	69
4.1 Mittepurustavad uuringud	69
4.2 Visuaalne kontroll.....	70
4.3 Katusekonstruktsioonide niiskussisaldus	70
4.4 Jääkristlõigete uurimine resistograafia.....	72
4.5 Tulemus.....	74
5. ELUHOONE RENOVEERIMINE	76
5.1 Renoveerimise kulukus	76
5.2 Renoveerimislahendused.....	79
5.3 Renoveerimise hinnapäring	92
5.4 Renoveerimise maksumuse analüüs	93
KOKKUVÕTE	95
KASUTATUD KIRJANDUS	98
LISAD	101
Lisa 1. Fotod hoonest.....	102
Lisa 2. Kõrvalhoonete ehitustehnilise seisukorra hindamine	103
2.1 Saunahoone ehitustehnilise seisukorra hindamine	104
2.2 Pumbamaja 1 ehitustehnilise seisukorra hindamine	115
2.3 Pumbamaja 2 ehitustehnilise seisukorra hindamine	123
2.4 Abihoone ehitustehnilise seisukorra hindamine	128
2.5 Kuuri ehitustehnilise seisukorra hindamine	138
Lisa 3. Eluhoone renoveerimiseelsed joonised	144
Lisa 4. Vastupanupuurimise ja niiskussisalduse mõõte tulemuste joonised.....	152
Lisa 5. Renoveerimis lahenduste joonised	157
Lisa 6. Hinnapäringu tabel ja hinnapakumised	166
Lisa 7. Teostatud fotode asukohad	170
Lisa 8. Majavalduse inventariseerimise joonised.....	176
LIHTLITSENTS	180

KASUTATUD MÕISTETE SELGITUSED

Ehitamine (EhS 2015) – ehitise püstitamine, rajamine, paigaldamine, lammutamine ja muu ehitisega seonduv tegevus, mille tulemusel ehitise tekib või muutuvad selle füüsilised omadused,

Vastupanupuurimine – antud mõistet kasutatakse resistograafia uurimiste teostamise kontekstis,

Tarind (EhS 2015) – konstruktsioon,

Remontimine (MuKS 2019) – parandamine või korda seadmine,

Renoveerimine (ÕS 2018) – uuendamine,

Restaureerimine (ÕS 2018) – ennistamine ehk taastamine esialgsel kujul,

Rekonstrueerimine (EhS 2015) – ehitise ümberehitamine, mille käigus olemasoleva ehitise omadused muutuvad oluliselt. Ümberehitamisena ei käsitleta olemasoleva ehitise üksikute osade vahetamist samaväärsete vastu.

SISSEJUHATUS

Eestlased on hakanud üha enam linnast maale kolima ja eelkõige teevad seda nooremad inimesed, kes hindavad looduskeskseid kohti ning rahulikumat elukeskkonda. Maale kolimisega nähakse ka head finantsilist võimalust, kuna linnast eemal on elamud odavamad, aga tihtipeale ei osata arvestada kui suured võivad hoonega seonduvad probleemid ning renoveerimiskulud olla. Kodused elamistingimused peaksid olema mugavad ning sisekliima kvaliteetne, tagades tervisliku keskkonna nii inimestele kui ka hoonele endale. Vanade ehitiste energiatõhususe parandamine on keerulisem ja valikuvõimalusi on vähem, tagada tuleb ka hoone ehitusfüüsikaline toimivus, selle tõttu on renoveerimislahenduste realiseerimine keerulisem ning tihtipeale ka väga kulukas.

Lähtudes oma ajastu võimalustest ja arusaamadest, on iga vana hoone kavandatud vastavalt omaniku esteetilistele tõekspidamistele ja majanduslikele võimalustele ning on seeläbi leidnud oma õige vormi. Vahel on eriti hoolsatel ja püüdlikel inimestel tunne, et kui asuda hoonet korrastama ja raha ei mängi rolli, siis tuleb kohe kõik põhjalikult ja parimal moel ära teha, kuid tihtipeale jäävad ehituslikud teadmised vajaka ja kasutatakse sobimatuid materjale. Vana hoone puhul võib selline lähenemine olla teinekord lausa hukatuslik. Hoone algsed detailid moodustavad loomuliku terviku, valesti tehtud ümberehitused ja renoveerimistööd võivad rikkuda puithoone ehitusfüüsikalist toimimist ja sisekliimat ning kui muuta hoone algsed detailid tänapäevaste vastu võib tulemus olla kehvem nii esteetiliste kui ka antikvaarsete väärtuste vaatepunktist. Põhjust muretseda ja sekkuda on kindlasti siis, kui hoone lagunemine muudab elamistingimused ohtlikuks või häirivalt ebamugavaks.

Lõputöö eesmärk on Reisbergi talu eluhoonele renoveerimislahenduste koostamine ja teada saada umbkaudne renoveerimise maksumus, kuna antud hoone omanikud plaanivad lähitulevikus eluhoone kindlasti renoveerida, seda vastavalt rahalistele võimalustele. Nimetatud eesmärgi nimel teostati eluhoonele tehnilise seisukorra hindamine, kus toodi välja probleemid ning nende tekkepõhjused. Renoveerimise maksumuse koostamise tarbeks küsiti erinevatest ehitusettevõtetest hinnapakumisi, mis näitaksid ära eeldatava rahalise investeeringu eluhoone renoveerimistöödeks, et hoone oleks täielikult elamiskõlblik ja tehniliselt korras. Lisaks uuriti ka sisekliimat, temperatuuri- ja niiskuskooormusi ning

katusekonstruktsioonidele teostati mittepurustavaid uuringud. Uurimistulemuste põhjal koostati renoveerimislahendused, mis tagaksid ehitusfüüsikalise ja tervisliku sisekliima toimivuse. Uuringuid teostati nii külmal kui soojal perioodil, et saada pädevad tulemused ja täielik ülevaade eluhoone toimimisest vastavalt kliimamuutustele. Samuti teostati tehnilise seisukorra hinnang Reisbergi talu viiele olemasolevale kõrvalhoonele, et anda ülevaade kõikide hoonete kohta, mis kuuluvad talu juurde. Antud hoonete kasutamine lõputöös on kooskõlastatud talu omanikuga ja seal elavate elanikega.

Käesolev lõputöö on jaotatud viieks peatükiks, millest esimeses iseloomustatakse lõputöös uuritavat talu ja antakse ülevaade Eesti talurahva elumajade arengust alates 19. sajandi teisest poolest. Samuti räägitakse hoonete tehnilise seisukorra hindamisest, selle vajadustest ja põhimõtetest. Ning viimaks antakse ülevaade tehnilise seisukorra hindamise metoodikast.

Teises peatükis antakse ülevaade Reisbergi talu eluhoonest, räägitakse varasematest renoveerimistest ja juurdeehitusest ning kirjeldatakse hoone põhikonstruktsioone. Lisaks antakse ülevaade hoone tehnilisest seisukorrast ning hinnatakse hoonet. Hinded antakse põhilistele hoone osadele, nagu vundament, seinad, vahelagi, põrandad ja katus, aga hinnatakse ka kütte-, vee-, kanalisatsiooni-, ja elektrisüsteeme. Hoone osade hinnete põhjal arvutatakse hoonele üldine seisukorra hinne.

Kolmandas peatükis räägitakse sisekliima hindamise metoodikatest ning iseloomustatakse hoones teostatud temperatuuri ja suhtelise õhuniiskuse mõõtmisi, aga ka CO₂ mõõtmisi, esitatakse tulemused ning võrreldakse tulemusi standardites ja määrustes olevate normidega. Samuti termopildistatakse hoonet nii seest kui väljast ning passiivses ja aktiivses olukorras, et hinnata hoone tehnilist toimivust ja külmasildu hoone konstruktsioonides. Aktiivne olukord saavutatakse ventilaatoriga survestamisel, mille käigus mõõdetakse ka hoone välispiirete õhupidavust.

Neljandas peatükis kirjeldatakse mittepurustavaid uuringuid hoone katusekonstruktsioonidel. Katusekonstruktsioonidel teostatakse visuaalne vaatlus, niiskusemõõtmine seadmega *Brookhuis FME* ning vastupanupuurimise seadmega *Resistograph® 4453-P* hinnatakse visuaalselt kahjustunud talasid. Saadud tulemuste põhjal hinnatakse katusekonstruktsioonide kahjustuste ulatust, mille põhjal tehakse järeldused renoveerimise vajadusele ja ulatusele.

Viiendas peatükis antakse lõputöös käsitletavale hoonele renoveerimislahendused põhilistele hoone osadele, milleks on vundament, seinad, põrand ja katus, aga ka küttesüsteemile, avatäidetele ja ventilatsiooni lahendusele. Renoveerimislahenduste põhjal koostatakse ka hinnapäring ning analüüsitakse saadud hindu. Samuti tuuakse välja renoveerimise kulukust mõjutavad tegurid ning analüüsitakse renoveerimise maksumust.

Töö autorid tänavad Reisbergi talu pererahvast, kes võimaldasid neil uurimisobjektil teostada vajalike mõõtmisi ja uuringuid ning aitasid kaasa renoveerimislahenduste koostamisel, vaatamata sellele, et talvel 15-kraadise külmaga õhulekke teste tehes tekitati pererahvale probleeme, kui eluhoones langesid selle tõttu temperatuurid väga madalaks ning hoone tuli uuesti soojaks kütta. Veel tänavad töö autorid ka Martti-Jaan Miljani, kes juhendas ja võimaldas kasutada lõputöö jaoks vajalike uuringute tegemiseks vastavaid seadmeid. Tänuavaldused lähevad ka lõputöö juhendajale Kaarel Sähkile lõputöö valmimise kaasaaitamisel.

1. HOONE EHTUSTEHNILISE SEISUKORRA HINDAMISE LÄBIVIIMINE

1.1 Uuritava koha iseloomustus

Lõputöö uurimisobjektiks oli Ida-Viru maakonnas Alutaguse vallas Kaatermu külas asuv Reisbergi talu.

Talu kompleksi rajamisega alustati 1910. aastal Johannes–Voldemar Reisbergi eestvedamisel. Esialgselt oli elumaja ühe korruseline, kuid 1972. aastal tehti rekonstrueerimisega ka teine korrus. Praegune taluperenaine on elanud püsivalt Reisbergi talus 1986. aastast alates, kuid nüüd asub sinna elama neljaliikmeline noorepere, sest praegusel taluperemehel ja perenaisel käib kõrge vanuse tõttu talumajapidamine juba üle jõu. Veel mõned aastad tagasi olid talus lehmad, sead, lambad ja mitmed kanad, kuid kõik peale kanade on maha müüdnud tööjõupuuduse tõttu. Reisbergi talu omandisse kuulub 35,78ha maad, mis on 100% maatulundusmaa. 14,15ha sellest on metsamaa ja 21,4ha haritav maa. Õuemaad moodustab kogu omandist 0,22ha. Lõputöö jaoks olulise eluhoone suletud netopind on 151m². Eluhoones on 15 käidavat ruumi ja seitse nendest on toad.



Joonis 1.1. Reisbergi talu asendiplaan. (Allikas Maa-amet... 2018, kohandatud autorite poolt)

Jooniselt 1.1 on näha numbriga 1 tähistatud lõputöö tähtsaim hoone - eluhoone. Teised talukompleksi kuuluvad hooned, millele tehakse ka ehitustehnilise seisukorra hindamine, on joonisel 1.1 numbriga 2 tähistatud saunahoone, number 3 on pumbamaja nr 1, number 4 on pumbamaja nr. 2, viis on abihoone ning numbriga 6 on tähistatud kuur. Saunal on riietusruum koos puhkeruumi ja kuuriga ning moodustab kokku 42,2m². Abihoones on tööruum, garaaz ja laut, mille suletud netopind on kokku 193,7m². Kuuri suletud netopind on 136,8m² ja pumbamaja nr 1 oma 6m² ning pumbamaja nr 2 suletud netopind on 4,5m². Pumbamaja nr 1 oli mõeldud eluhoone jaoks ja pumbamaja nr 2 abihoone jaoks. Eluhoone on rajatud kõrgendikule, kus kõrguste vahe madalaimas punktis asuva saunahoonega on 3,1m. Haritavat maad kasutatakse ainult heinamaana, kuid sinna elama asuval noorperel on plaanis hakata pidama lihaveiseid.

1.2 Eesti talurahva elumajade areng alates 19. sajandi keskpaigast

Eesti talurahvas elas palkidest ehitatud rehielamutes, mis koosnesid põhiliselt rehetoast ja rehealusest. Katusekatte materjalid olid roost või õlgedest, kuid hiljem lisandusid katusekatteks ka laastud. Varasematel rehielamutel puudusid aknad ja korsten ning seetõttu

olid toa seinad tahmased ja nõgised ning reheahju kütmisel täitus hoone paksu suitsuga. Ainsaks väljapääsuks suitsule oli väike suitsuauk või lahti tehtud rehielamu uks. Reheahju kasutati ka toidu tegemisel, näiteks leiva küpsetamiseks perenaise poolt. Algselt olid rehielamu põrandad savist, kivist või mullast, laudpõrandaid hakati kasutama 19. sajandi teisel poolel.

Rehielamus oli rehetuba, mis oli ainus sobilik ruum aastaringseks elamiseks, kuna tegemist oli köetava ruumiga. Samas pidi see ruum täitma veel mitmeid teisi ülesandeid, mida taluelu nõudis. Osaliselt just sellepärast ei pööratud tol ajal tähelepanu rehetoa elumugavustele. See väljendus väheses ja lihtsas sisustuses, viimistlemata seintes ja lagedes, olematus valgustuses ja suitsuahjus, mis oli tõhus, aga ebamugav. (Eesti talumaja... 2012)

Mida aeg edasi, seda enam arenes ka elu Eesti talurahva jaoks. Kohalikud haritlased ja mõisnikud tahtsid muuta talurahva elamuid puhtamaks ja kaasaegsemaks, kuid võimalused selleks olid esialgu ainult jõukamatel talupoegadel. Suurimaks probleemiks oli see, et rehielamud ei olnud suitsuvabad ja sellest tingituna tekkisid ka teised probleemid ja ebatervislikud elutingimused.

Sajandeid peaaegu eranditult rehielamutes elanud talurahvas hakkas 19. sajandi keskpaiku neist loobuma. Uues kapitalistlikus ühiskonnas muutus uueks maarahva ideaaliks lahkellamu ehk linna moodi elamu, ent majandusliku kehvuse ja tugeva traditsiooni tõttu säilisid Põhja- ja Lääne-Eesti taludes veel pikki aastaid rehielamud, mida aja jooksul pidevalt uuendati. (Vana maamaja... 2012)

Valgustusideedest tulvil õhkkonnas hakkasid mõned baltisaksa haritlased mõtlema vajadusest Eesti taluhooneid parandada, kuna neis tekitasid talurahva algelised ja ebatervislikud elutingimused nõrdimust. Esimesed katsed talumajade parendamiseks tehti juba 18.-19. sajandi vahetusel. Peamiseks parendamiseks taheti ruumid teha suitsuvabaks, milleks tuli elamutele ehitada korstnad. Ettevõtmisest teavitati ka tolleaegset Vene Keisririigi valitsejat Aleksander I, kes oli täielikult selle ettevõtmise poolt, kuid sellele vaatamata ei saanud mõte teoks, sest talupojad ja mõisnikud ei tahtnud rehielamutest loobuda ega korstnaid ehitada. (Eesti talumaja... 2012)

Suureks sammuks korstnata rehielamude moderniseerimiseks oli 1850. aastal kasutusele võetud iselaadne külmade kambrite suitsuvaba kütmise viis. Reheahjust juhiti kuum suits soemüüri kaudu kambritesse, mis said niimoodi suitsuvabalt soojaks köetud. Kakskümmend

viis aastat hiljem olevat olnud selliselt köetavad kambrid peaaegu kõigis Lõuna-Eesti taludes kasutusele võetud. (Vana maamaja... 2012)

Järgnevatel aastatel muutis talurahva elu pärisorjuse kaotamine ja nende seisus ühiskonnas tõusis. Talupojad said isiklikult vabaks, aga maa jäi mõisnikele ja see tuli mõisnikelt välja osta.

Põhjalikult muutis Eesti maaelu 19. sajandi teisel poolel alanud kapitalism. Suureks mõjutajaks oli talude väljaostmine mõisnike käest, mis Lõuna-Eestis saavutas haripunkti 1860. - 1870. aastatel ja Põhja- Eestis paarkümmend aastat hiljem. Talude väljaostmisel maad krunditi, et lihtsustada maaharimist ja vähendada majapidamise kulusid, siis senised pisikesed maatükid liideti kokku suuremateks väljadeks. See ettevõtmine muutis oluliselt külamaastikku, eriti Põhja-Eestis ja mujal põliste tihekülade alal, kus hulk inimesi oli sunnitud külast välja kolima. (Vana maamaja... 2012)

Talude ostmine algas kõigepealt Lõuna-Eestis, kuna seal oli kaubanduslik talumajandus rohkem arenenud. Talukohti ostsid eelkõige suuremate talude rentnikud, kes kasutasid palgatööjõudu ja tootsid turu jaoks kaupa. 1898. aastaks oli Lõuna-Eesti talumaast ostetud tervelt 86,4%. Põhja-Eestis ei arenenud talumajandus nii kiirelt ja esialgu osteti talusid suhteliselt vähe – 1882. aastaks oli ostetud ainult 11,6% renditalude maast. (Eesti talurahva... 2007)

Maade päriksostmisega arenes ka uute ja moodsamate taluelamute ehitamine. Värskest pärisomanikeks saades peeti endale sobivaks rajada suuri linnalikke elumaju. Uudseid hooneid hakati ajakirjanduses 1870.-1880. aastatel rahvale tutvustama. Pärisomanike aitamiseks toodi välja taluelamute eeliseid ja jagati õpetusi uute materjalide ning ehitusvõtete kohta. Samuti olid suureks abiks ajakirjanduses avaldatud taluelamute ehitusplaanid. (Eesti talumaja... 2012)

Leidus palju neid, kes ei pidanud uuendusi vajalikuks ja oldi rahul sellega, mis oli aastakümneid olnud, sest ei osatud paremat tahta. Rehielamu oli avar ja mitmeotstarbeline ning taluinimestele kõige kodusem, sest sellistes majades oldi elatud põlvest põlve. Samuti panid piirid ette ka puuduvad rahalised vahendid. Selleks, et mõjutada uusi pärisomanikke rehielamutest loobuma ja eluolusid arendada, tuli kasutada kavalat talude müügiprotsessi.

Kärstna ja Pahuvere mõisate omanik krahv Reinhold Anrep-Elmpt kasutas kavalalt ära talude müügiprotsessi. Nimelt lisas ta standardsesse trükitud ostu-müügilepingusse käsitsi juurde punkti, mille järgi talu ostja pidi saama tasuta 260 ehituspalki (8,5m), kui ostja nõustub ehitama uue taluelamu rehielamust lahku ja tegema sellele korstna. (Eesti talumaja... 2012).

20. sajandi algul hakkasid nõudlikumad peremehed oma uute taluelamute jaoks tellima ehitusprojekte. Esimese eesti talumehena tellis Uue-Kariste valla Puisi talu omanik Karl Unt 1913. aastal oma uue taluelamu kavandi päris arhitektibüroost. Taluelamu kohta oli tegemist väga suure hoonega, kus kasulikku pinda oli kokku umbes 400m². Samuti on teada, et esimene taluelamu, mis ehitati 1912. aastal ehitusprojekti järgi, on Pärnu- Jaagupis asuva Parisselja talu taluelamu. Selle ehitusprojekti tellis talu peremees J. Prints koguni välismaalt. Soome Uusimaa Põllumeeste Seltsi ehitusinstruktori plaani eest tuli tasuda tal 9 rubla ja 37,5 kopikat. (Vana maamaja... 2012)

Järgnevatel aastatel saavutas Eesti omariikluse ja lõi lahku Venemaa Keisririigist, mis tõi kaasa muudatusi eestlaste linnaelus ja maaelus. Suure muutuse maaellu tõi kaasa maaseadus, mille järgi riikliku maatagavara loomiseks võõrandati riigi omanduseks mõisamaad koos päraldiste ja inventariga ning jagati maata talupoegadele ka riiklikust maafondist maad, mis tõi kaasa ehitusbuumi.

Selle maaseaduse kohta on Mait Metsanurga romaanis „Suvine pööripäev“ sulase rollis olev Joosep öelnud nii: „Mäletate ehk isegi, missugune oli see seadus! Vabadussõja kindralid ja ohvitserid said parema osa meie maast – mõisasüdamed! Teises järjekorras said truud „vabadussõjalised“ oma krundid, kolmandas muidutruud, põllumeeste valitsuse silmis armu leidnud isikud, ja kui siis tuli järg lihtsa maarahva kätte, siis ei olnudki enam maad jagamiseks.“ (Suvine pööripäev 1957)

Riiklik iseseisvumine lõi Eesti maa-arhitektuuri arenguks soodsad tingimused: 1920. - 1930. aastatel ehitati üles mitukümmend tuhat uut talu, sadu moodsaid koolimaju, rahvamaju, raudteehooneid, meiereisid ja muid avalikke hooneid (Vana maamaja... 2012). 1918 - 1940 loodi Eestisse juurde umbes 56 000 uut talundit ja ehitati 70 000 uut elumaja. Ehitusbuumi tipuks olid 1919. - 1929. aastad, mil ehitati üle 40 000 uue elamu ja järgmise kümne aasta jooksul ehitati lisaks veel 30 000 uut talumaja. Elumaju hakati uuendama ka Kesk-, Lääne-

ja Põhja-Eestis, kus varem oli see rahapuuduse tõttu tegemata jäänud. (Eesti talumaja... 2012)

19. sajandi teise poole ning 20. sajandi esimese poole andmed kinnitavad, et rajatud külade omapäraks oli võrdlemisi rikkalik haljastus. Põlised pärnad ja tammed lasevad oletada, et see traditsioon pärineb juba kaugest minevikust. Selles peegeldub eesti talurahva suur armastus looduse ja oma elukoha ümbruse vastu. Seda toonitasid eelkõige lähedast ümbrusest võetud ehitusmaterjalid – puu, õlg, looduslikud kivid sulasid kokku harmooniliselt ümbritsevate põldude ja metsadega. (Eesti talurahva... 2007)

Ehitustegevuses suurenes riigi osa, mida eelkõige tingis vajadus abistada kümneid tuhandeid asunikke, kel puudusid vastavad oskused ja teadmised ning võib öelda, et 1920.-1930. aastate ulatuslik asunikutalude rajamine sarnanes praeguse massilise uusasumite ehitamisega lagedaile põldudele, mida võib kohata üle Eesti (Vana maamaja... 2012). Eelnevalt ehitatud taluelamud olid tehtud puidust ja puitu kui tuttavat materjali taheti ka edasi kasutada. Riik aga üritas suunata ehitajaid kasutama tulekindlaid ja alternatiivseid materjale. Suurest murest Eesti metsade pärast üritas ajakirjandus mõjutada ehitajate arvamust, rõhutades eelkõige puitmajade tuleohtlikkusele. Hoone ehituseks kasutatava materjali valik mängis rolli ka laenu saamisel - puithoone ehitamisel tuli laen tagasi maksta 30 aastaga, kivihoone ehitamisel aga 40 aastaga. Materjali valikust olenes ka laenusumma suurus - puithoone ehitamisel kaeti 60% ehituskuludest ja kivihoone ehitamisel 80%. (Eesti talumaja... 2012)

Eestis võeti 1926. aastal vastu asunike ehituslaenu seadus. Laenu saamiseks pangast tuli esitada ehitatava hoone plaan, et ehitis vastaks majanduslikele, ehitustehnilistele ja tervishoiu nõuetele. Seadusest tulenevalt esitati ehitatavale hoonele mitmeid tehnilisi tingimusi - sätestati, et hoone rajatav vundament peab ulatuma vähemalt maa külmumispiiri sügavusele; puu-, savi-, tsement- ja telliskiviseinad tuleb isoleerida niiskuskindla materjaliga vundamendist; palkseinad tuleb raiuda puhasnurgaga; elamul peab siseruumi kõrgus olema vähemalt 2450mm; elamu akna- ja põrandapinna suuruse suhtarv peab olema vähemalt suhtega 1:10; uste kõrgus vähemalt 2000mm. Katuste kohta olid nõuded, et sindlitest või laastudest katuse kõrgus peab võrduma vähemalt poole hoone laiusega ja plekk-katuse puhul 1/4–1/6 laiusest. Määrati kindlalt ära ka hoonete suuruse piirmäärad: maatöölise, käsitöölise, kalamehe ja ametniku talundi (põldu kuni 5ha ja üldpindala kuni 10ha) eluhoone suuruseks kuni 230m², laut-tall – 350m²; väiketalul (põldu kuni 10ha, üldpindala kuni 25ha) eluhoone

kuni 290m², laut-tall 410 m² ning normaaltalul (põldu üle 10ha, üldpindala üle 35ha) elumaja kuni 440m² ja laut-tallil 630m². Seniste pärimuslike ehitustraditsioonide asemele tuli nüüd hakata lähtuma asjatundjate koostatud ehitustehnilistest normidest, kuid nii lihtsalt see ei läinud. Juhtus tihti nii, et projekt jäi ainult paberile ja hooned ehitati valmis teisiti, enda jaoks lihtsamalt. (Eesti talumaja... 2012)

Uued nõuded näisid ehk liiga ranged ja ei andnud talurahvale võimalust ehitada enam enda väljanägemise järgi nagu varem seda tehti. Endiselt ehitati sageli teisiti kui projektis kirjas ja selle põhjal saab oletada, et tegemist oli tolle aja kohta liigse bürokraatiaga. See lühike ülevaade eesti talurahva elumajade arengust 19. sajandi keskpaigast näitab, et Eesti taluelamud tegid kõneks olnud sadakonna aasta jooksul läbi väga suuri muutusi, kuid teisalt säilitasid palju oma põlisest olemusest.

1.3 Hoonete ehitustehnilise seisukorra hindamine ja uurimine

Üheks esimeseks tööks hoone ja selle tarindite seisukorra määramisel on selle visuaalne hindamine, et saaks teha esialgsed järeldused rajatise tehnilise seisukorra kohta. Visuaalse kontrolli eesmärgiks on ära kaardistada probleemsed kohad ning teha kindlaks, kas on vaja ka edasisi katseid (resistograafia mõõtmised, puidu niiskussisalduse uurimine jne). Visuaalse uurimise eeliseks on selle metoodika kiirus, saab hinnata suuri hoonegrupe ning lisaks on see metoodika odav. (Ehituskaar nr 8 2001)

Vana hoone taastamine, võrreldes uue ehitamisega, nõuab teistsugust suhtumist ja tegevusmudelit ning renoveerimiseks, rekonstrueerimiseks või remondiks tuleb hoolikalt ja läbimõeldult ette valmistuda. Ehitise tehnilise seisukorra uurimistöödega antakse hoonele ja selle tarinditele tehnilise seisundi hinnang, mis on aluseks renoveerimislahenduste koostamisel, samuti esialgse renoveerimismahukuse ja maksumuse hindamisel (Hoonete remont ja... 2002).

Nii hoone tehnilise seisukorra hindajad, hoone renoveerimisel osalejad kui ka hoone omanikud peaksid põhjalikult tundma vanade hoonete ehitustehnikat, sealhulgas traditsiooniliste ehitusmaterjalide omadusi ja kasutamist; kandetarindite ehitust ja toimimise põhimõtteid; hoone ehitusaja ehitustavasid ning kaasaegsete remonditööde aluspõhimõtteid. Lähteandmed võetakse arhiividest, projektdokumentatsioonist ning tarinditest tehtud

fotodest. Üldise ehitustehnilise seisukorra uurimismeetoditeks on visuaalne ja laboratoorne uurimine. (Hoonete remont ja... 2002)

Laboratoorne uurimine eeldab ehitisest ja/või selle konstruktsioonidest proovide/katsekehade võtmist, mis tähendab nende osalist või täielikku purustamist (purustavatel meetoditel hindamine). Antud lõputöös kasutatakse visuaalset uurimismeetodit ning mittepurustavaid uuringuid.

1.4 Hoonete ehitustehnilise seisundi hindamismetoodika

Antud lõputöös kasutatakse professor Tõnu Keskküla poolt välja töötatud metoodikat, mille aluseks on 30 aasta jooksul tehtud uuringud. Visuaalse vaatluse käigus antakse hoonele ja selle osadele numbriline hinnang. Hinnatakse nii hoone ehituskonstruktsioone kui ka tehnilisi süsteeme. Vastavalt konstruktsiooni või süsteemi seisukorrale antakse hinne 0, 1, 2 või 3, kus hinne 0 vastab avariilisele olukorrale ning hinne 3 täiesti korras olevale süsteemile. (Mitmekorruselise... 2010)

Kogu hoone keskmine hinne arvutatakse välja kasutades alljärgnevat valemeid (Mitmekorruselise... 2010):

$$H=[HP+HTe/25+HT/5]/1,24, \quad (1.1.)$$

kus H on kogu hoone keskmine hinne;

HP - põhiliste ehituslike süsteemide keskmine hinne, mis leitakse valemiga 1.2;

HTe - teiste ehituslike süsteemide hinne, mis leitakse valemiga 1.3;

HT - tehniliste süsteemide keskmine hinne, mis leitakse valemiga 1.4;

1,24 on kaalude summa.

$$HP = (HV + HS + HVa + HK)/4, \quad (1.2.)$$

kus HV on vundamentide keskmine hinne;

HS - seinte keskmine hinne;

HVa - vahelagede keskmine hinne;

HK - katuse keskmine hinne.

$$H_{Te} = (H_{UA} + H_R)/2, \quad (1.3.)$$

kus H_{UA} on uste ja akende keskmine hinne;

H_R - ühiskondlike ruumide keskmine hinne.

$$H_T = (H_{KU} + H_V + H_{KA} + H_E)/4, \quad (1.4.)$$

Kus H_{KU} on küttesüsteemide keskmine hinne;

H_V - veevarustuse keskmine hinne;

H_{KA} - kanalisatsioonisüsteemide keskmine hinne;

H_E - elektrisüsteemide keskmine hinne.

Kõige rohkem on otseselt hoone töövõimega seotud kandekonstruktsioonid, milleks on vundamendid, seinad, vahelaed ja katus, selle tõttu on need antud hindamismetoodika puhul kõige suurema kaaluga. Teiste ehituslike süsteemide osakaal on 25 korda väiksem ning tehniliste süsteemide osakaal 5 korda väiksem põhilistest konstruktsioonidest. Osakaalud on leitud varasemate uuringute põhjal. (Mitmekorruselise... 2010)

2. ELUHOONE EHTUSTEHNILINE SEISUKORD JA SELLE TARINDID

2.1 Hoone tarindid

Uuritava hoone asukohaks on Ida-Viru maakonnas Alutaguse vallas Kaatermu külas asuv Reisbergi talu. Tegemist on kahekorruselise puithoonega, mis on ehitatud 1910. aastal. Esialgselt oli eluhoone ühekorruseline, kuid 1972. aastal ehitati juurde ka teine korrus.

Põhiplaanilt on hoone ristkülikukujuline (11,4x7,9m), idapoolsel küljel asub hoonest eenduv tuulekoda ja praegune peasissepääs (joonis L 1.1).

Hoone esimese korruse põrandad on puittaladel laudpõrandad. Põrandalauad 161x28mm on kahes kihis ja alumine kiht on risti mullapeenral olevate maakivide peale toetatud talade peale löödud, pealmine kiht omakorda risti alumiste laudade peal. Hoone välisseinu kannab ca 400mm laiune maakivist vundament ning sisemisi kandvaid seinu toetavad ca 270mm laiune maakivist vundament. Hoonest eenduv tuulekoda on ehitatud betoonvundamendil, mille laius on 2000mm ja pikkus 1890mm. Korstna vundament on ehitatud maakividest.

Hoone põhiosa välisseinad on ehitatud tahutud rõhtpalkidest, mille laius on ca 220mm ja omavahel seotud kalasabatapiga. Rõhtpalke katab 22mm profileeritud horisontaalne laudis. Palkide ja laudise vahele on jäetud 25mm õhkvahe, et laudise taha sattunud niiskusel oleks võimalik välja tuulduda. Hoone siseseinad on kaetud osades ruumides lubikrohviga pilliroomati peale või soome papiga ja tapetseeritud.

Esimese korruse põrandad toetuvad rõhtpalkidest taladele. Teise korruse vahelagede talad toetuvad kandvatele palkseintele. Talade vahele on paigaldatud saepuru ja liiva segu, mis takistab müra kandumist ühel korruselt teisele ja toimib ka soojusisolatsioonina. Talade alla on paigaldatud must laudis, mis on kaetud vineeriga ja üle värvitud. Talade peal on samuti paigaldatud must laudis ja see omakorda kaetud vineeriga.

Hoone katus on 45 kraadise kaldega viilkatus. Hoonel on ka kaks vintskappi, mille katusekalle on 12 kraadi. Hoone nõukogudeaegne eterniitkatus on vahetatud 2015. aasta

mais asbestivaba eterniidi vastu (joonis L 1.2). Eterniitkatuse all on osaliselt säilinud tõrvapapp. Eterniit on omakorda kinnitatud 28x100mm roovile. Katuse sarikad on puitprussidest ristlõikega 75x150mm, mille sammuks 1100mm.

Algselt oli eluhoone ehitatud ühekorruseliseks elamuks ja koosnes kahest magamistoast, elutoast ja köögist. Hoone ruumilahendust muudeti 1972. aastal, kui ehitati peale teine korrus ning siis toimus ka suurem rekonstrueerimine ja renoveerimine, kus vahetati välja kõik avatäited ja korrastati ka välis- ning siseviimistlust. Hilisem siseviimistluse renoveerimine toimus 2005. aastal.

2.2 Uuritava eluhoone ehitustehniline seisukord

Vundamendi seisukord

Hoone on kellerdamata ja tavapäraselt kellerdatud hoonete vundamendi maapealset osa kuni seinla konstruktsioonini nimetatakse sokli osaks, aga kuna lõputöös käsitletakse hoonet, millel ei ole keldrit, siis on hoonel vundamendi maaalune ja maapealne osa ning selle tõttu kirjeldatakse seda antud lõputöös kui vundamenti. Eluhoone renoveerimiseelsed joonised on toodud lisas 3.

Hoone vundament on looduskivi müüritisest ja maapealse osa kõrgus on 330-450mm ja lahti kaevatud kohas oli sügavus 800mm. Vundament on etteulatuv ja kaetud veelauaga, kuid see ei ole piisavalt üle vundamendi ääre (joonis 2.2), aga veelaud saab täita oma funktsiooni üksnes siis, kui see ulatub vähemalt 30-50mm vundamendist ettepoole. Etteulatuv vundament on hoone kestvuse seisukohalt üldsegi riskantne lahendus, sest vundamenti katvale veelauale jääb vesi ja lumi pidama, mis valgub konstruktsioonidele ja niisutab palkseina ning välisvoodrit järjepidevalt. Teostatud fotode asukohad on märgitud lisas 7.

Joonisel 2.1 on näha vundamendis tühimikke ja kohati laialivajumist, sest hoone vundament ei ole fundeeritud külmumissügavusest allapoole ja iga-aastased külmakerked ning vajumised lagundavad kivivundamenti. Hoone veelaud on mädanikkahjustusega ja seda on parandatud plekiga, aga vundamendi vahele valgub vesi võib viia külmumise-sulamise käigus tekkivate pragudeni, mis samuti müüri nõrgestavad. Välisvoodri alumine rida on kahjustada saanud, kuna veelaulal seisev vesi ja lumi hoiab konstruktsiooni pidevalt niiskena.



Joonis 2.1. Tühimikud ja praod vundamendi lõunapoolsel küljel. (Allikas: autorite erakogu)

Joonis 2.2 näitab selgelt, kuidas veelaud ei ulatu üle vundamendi ja ei saa täita oma funktsiooni – kaitsta otsest vee valgumist vundamendile.



Joonis 2.2. Veelaud ei ulatu üle vundamendi. (Allikas: autorite erakogu)

Hoone põhjapoolsel küljel on vundamenti tekkinud praod ja veelaud ning voodrilaud on mädanikkahjustusega (joonis 2.3). Kuna puudub katuse vihmaveesüsteem, siis aitab ka see kaasa vundamendi pragude tekkele.



Joonis 2.3. Praod vundamendis põhjapoolsel küljel. (Allikas: autorite erakogu)

Tuulekoja vundament on valatud betoonist lintvundament, mis on 1890mm pikk ja 200mm lai. Seal ei ole kasutatud armatuurrauda ja koormuse all on vundament vajunud ning esineb oht laiali vajumiseks (joonis 2.4). Samuti on ka tuulekoja veelaud niiskuskahjustusega.



Joonis 2.4. Tuulekoja vundamendis on vajumisest tingitud suur pragu. (Allikas: autorite erakogu)

Joonisel 2.5 on näha, et idapoolsel vundamendi küljel ei ole looduskivimüüritise vundament enam terviklik ja on mitmeid tühimikke. Suurem tühimik on täidetud telliskividega, kuid selline ebatasane vundament on suur oht seina tarinditele, kuna vundament on mõeldud töötama kandva elemendina ja võtma vastu kogu hoone koormuse. Kõige suurem oht võib tulla nurgast, kuna seal on pealmine kivikiht õhus. Aga kuna tegemist on rõhtpalkhoonega,

siis vundamendi vajumi mõju seina kandevõimele on väiksem, sest seintel on suhteliselt suur jäikus ja tugevus. Sellegipoolest tuleb selle probleemiga tegeleda. Kahjustunud on ka veelaud ja välisvooder.



Joonis 2.5. Hoone idapoolsel vundamendil on looduskivimüüritis asendatud kohati telliskividega. (Allikas: autorite erakogu)

Läänepoolsel vundamendil esinesid mitmed praod, mis on tekkinud sinna pääseva vee tõttu, kuna külmudes vesi paisub ja lükkab vundamendikive üksteisest eemale (joonis 2.6). Veelaud ei kata väljaenduvat vundamenti piisavalt ja on niiskuskahjustusega (joonis 2.6). Voodrilaud on mädanikkahjustusega ja kehvalt paigaldatud, sest ei ulatu veelaua taha ning vesi läheb kergelt konstruktsioonide vahele.



Joonis 2.6. Praod läänepoolsel vundamendil (vasakul) ja lühike veelaud (paremal). (Allikas: autorite erakogu)

Üheks kahjustuste põhjustajaks on puuduv vihmaveesüsteem, mistõttu katuselt tulev vesi valgub otse seintele ja kui selline olukord kestab pikemat aega, saavad lisaks voodrilauale kahjustada ka kandekonstruktsioonid. Väljaeenduva vundamendi lahendusse on meie kliimas niiskuskahjustuste tekkimise võimalus sisse projekteeritud.

Seinte seisukord

Kandeseinteks on tahatud rõhtpalgid läbimõõduga ca 220mm, mis on seestpoolt kaetud kas lubikrohviga pilliroomati peale ja osades ruumides kaetud soome papiga ja tapeeditud. Palgid on omavahel seotud kalasabatapiga ja vihmakaitseks kaetud horisontaalse profileeritud laudisega. Palgi ja voodrilaua vahel on distantслиist paksusega 25mm. Kui laudvooder on otse vastu palki, märgub seetõttu ka palk ja selle pinnal olev papp. Kuna laudvoodri ülesanne on kaitsta palkkonstruktsiooni märgumise eest, peab laudvoodri ja seinapalkide vahel olema välisõhuga tuulutatav õhkvahe ja see punkt on õnneks täidetud.

Siseseintes esineb pragusid ning krohv on võrgu küljest niiskuse tõttu lahti tulnud (joonis 2.7). Siseseinte kahjustuste plaanid on toodud lisas 3.



Joonis 2.7. Krohv on maha koorunud roomatilt. (Allikas: autorite erakogu)

Vaheseinad on puitkarkass-seinad, mis on kaetud soome papi ja tapeediga. Tapetseeritud nõukogudeaegne soome papp on siseseina pealt mõnes kohas maha tulnud (joonis 2.8).



Joonis 2.8. Seinalt maha tulnud soome papp. (*Allikas: autorite erakogu*)

Teisel korrusel on korstna pealt krohv maha koorunud, kuna läbiviigud korstna ümber on ebatihedad ja vesi on mööda korstent alla jooksnud (joonis 2.9).



Joonis 2.9. Teise korruse vaheseina kahjustus. (*Allikas: autorite erakogu*)

Välisviimistlusena on kasutatud horisontaalset laudist, mis on paigaldatud 1972. aastal (joonis 2.10). Välisvoodrit on parandatud mitmes kohas plekiga, kuna aastate jooksul on need saanud nii vee-, tuule- kui ka päikesekahjustusi ja selle tõttu on mitmes kohas mädanikkahjustused ning voodrilauad kobrutanud ja kestendanud (joonis 2.11). Peamiselt on välisseinte kahjustused tulnud puuduvast vihmaveesüteemist, sest vesi on katuselt maha

jooksnud seinte ja vundamendi peale. Samuti on voodrilaua kahjustused tulnud veelaualt tagasi pritsinud vee tõttu.



Joonis 2.10. Välisvooder on kobrutanud ja kestendanud. (Allikas: autorite erakogu)

Vundamenti katvalt veelaualt üles pritsinud vesi ja seisev lumi tekitab püsivalt niiske keskkonna puidus ja see ei kuiva konstruktsioonidest välja ning põhjustab välisvoodri värvi koorumist ja laudise või seina lagunemist (joonis 2.11).



Joonis 2.11. Hoone kahjustunud välisvooder. (Allikas: autorite erakogu)

Välja saab tuua ka tooneseplaste mardikate väljalennu avad, mis on hoone seest poolt nähtavad (joonis 2.12). Kuigi igas seinas neid auke ei ole või ei ole nii palju, siis tegemist

on ikkagi ohuga, millega tuleks arvestada. Hetkel ei ole aktiivseid puidukahjureid tuvastatud, kuna nad tegutsevad rohkem soojemal perioodil. Tooneseplaste väljalennuavad avastati niisketes piirkondades, mis on otsese päikesekiirguse eest varjatud, leiti ka toanurkadest ja aknalaudade alt, kuna neile sobib kõrge niiskustasemega ja temperatuuriga kohad.



Joonis 2.12. Tooneseplaste mardikate väljalennuavad seinas. (*Allikas: autorite erakogu*)

Hoone lõunapoolsel küljel oli alumise rea voodrilaua tagant vaadelda alumist palgirida. Kuna hüdroisolatsioon alumise palgirea ja vundamendi vahel on puudu (või oli lagunenenud kasetoht), siis see on ka põhjustanud mädanikkahjustusi alumisele palgireale (joonis 2.13).



Joonis 2.13. Hoone lõunapoolsel küljel kahjustunud esimene palgirida. (*Allikas: autorite erakogu*)

Joonisel 2.14 on näha (paremal), kuidas veelaud ei ulatu vundamendi peale ja sinna on vahe sisse jäänud. Selle tõttu on omakorda mädanikkahjustusega esimene palgirida (vasakul). Perioodiliselt palgi pinnale sattuv vihmavesi niisutab puitu ja ei kuiva kiirelt ära. Joonisel 2.14 (vasakul) on maltspuidu osa läbi mädanenud ja koorunud ning kõrgenenud niiskustase seinas suurendab ka soojakadu, kuna suureneb puidu soojusjuhtivus ja -mahtuvus. Antud kohas ei ulatu ka veelaud üle vundamendi ning ei kaitse vee valgumist vundamendile (joonis 2.15).



Joonis 2.14. Põhjapoolsel küljel kahjustunud saanud esimene palgirida. (Allikas: autorite erakogu)



Joonis 2.15. Veelaud ei ulatu üle vundamendi. (Allikas: autorite erakogu)

Temperatuuri muutustest on esimese korruse plekkahju slepe pealne krohv maha koorunud (joonis 2.16) ja teise korruse slepe pragunenud ning krohv maha koorunud (joonis 2.17).



Joonis 2.16. Maha koorunud krohv slepe peal. (*Allikas: autorite erakogu*)



Joonis 2.17. Praod teise korruse plekkahju slepes. (*Allikas: autorite erakogu*)

Põrandate seisukord

Hoone esimese korruse põrandad on puittaladel laudpõrandad. Erilaiustega sulundita põrandalauad 161x28mm on kahes kihis ja alumine kiht on risti mullapeenral olevate maakivide peale toetatud talade peale löödud, pealmine kiht omakorda risti alumiste laudade peal. Hoone põrandad on ilma keldrita. Teise korruse põrandakatte materjaliks on

vineerplaat, mille all on must põrand ja mis toetub vahelaetaladele. Esimese korruse põrandatel on kahjustunud põrandalaudade värv, mis on maha kulunud (joonis 2.18).



Joonis 2.18. Maha kulunud värv põrandalaudadel. (Allikas: autorite erakogu)

Mitmed põrandatalad olid mädanikkahjustustega ja seetõttu on tala efektiivne ristlõige vähenenud ning need võivad läbi vajuda (joonis 2.19). Soodne kasvukeskkond puitu lagundavatele hallitus- ja mädanikseentele on põhjustatud puudulikust õhuvahetusest põrandaaluses ruumis ja niiskele pinnasele toetatud puittaladest (põhjustatud asjaolust, et hoonet ümbritsev kalle ei taga sademevee eemale juhtimist). Puudus ka hüdroisolatsiooni talade ja mullapeenral olevate kivide vahel ning see soodustab biokahjustuse teket puidul.



Joonis 2.19. Tooneseplaste väljalennuavadega (vasakul) ja mädanikkahjustusega (paremal) põrandatalad. (Allikas: autorite erakogu)

Samamoodi on mädanik- ja seenkahjustusega ka talade peal risti olevad põrandalauad ja vajavad välja vahetamist (joonis 2.20).



Joonis 2.20. Mädanikkahjustusega alumised põrandalauad. (Allikas: autorite erakogu)

Katuse seisukord

Hoone katus on 45 kraadise kaldega viilkatus. Hoonel on ka kaks vintskappi, mille katusekalle on 12 kraadi. Hoone nõukogudeaegne eterniitkatus on vahetatud 2015. aasta mais asbestivaba eterniidi vastu (joonis 2.21). Eterniitkatuse all on ainult osaliselt tõrvapapp ja sellest tingituna sajab katus endiselt läbi. Eterniit on omakorda kinnitatud 28x100mm roovile (joonis 2.22). Katuse sarikad on 75x150 puitprussidest ja 1100mm sammuga (joonis 2.23). Vihmaveesüsteemid kogu hoone katuse perimeetri ulatuses puuduvad täielikult ning vesi valgub otse vundamendi äärde, puudulikud on ka katuse serva-, ääre- ja katteplekid.



Joonis 2.21. Hoone eterniitkatus lõunapoolsel küljel. (Allikas: autorite erakogu)

Talvel tehtud fotodelt (joonis 2.22) on näha, et lumi on pööningu vahelaale pääsenud katusekatte ja läbiviikude ebatihedusest (joonis 2.23). Lekkekohad põhjustavad aja jooksul olulisi niiskuskahjustusi, sest iga vihmaga ja lume sulamisega imbub katusetarindisse vett ning tekib sobiv keskkond mädanik- ja hallitusseente arenguks.



Joonis 2.22. Lumi pööningu vahelaal. (Allikas: autorite erakogu)



Joonis 2.23. Ebatihedused katusekatte paigalduses (vasakul) ja läbiviikudes (paremal). (Allikas: autorite erakogu)

Katuse läbijooksudest on tekkinud mõnes kohas sarikatele ka mädanikkahjustused (joonis 2.24).



Joonis 2.24. Mädanikkahjustusega katusesarikad. (Allikas: autorite erakogu)

Hoone katuse servades olevad jääpurikad viitavad köetavate ruumide soojalekkele soojustamata pööningu vahelaele või katusele, mille tulemusena tõuseb temperatuur katusel oleva lumekihi all kõrgemaks kui lume sulamistemperatuur ja sulanud lumi valgub mööda katust räästa poole, kus vesi jäätub ja tekivad jääpurikad (joonis 2.25).



Joonis 2.25. Jääpurikad viitavad puudulikule soojustusele. (Allikas: autorite erakogu)

Küttesüsteemide seisukord

Hoones on neli küttekollet, mis kõik töötavad halupuidul. Küttekolleteks on kolm plekkahju ja kahhelpliit soojamüüri ning leskuga (joonis 2.26). Küttesüsteemid on renoveeritud 1989. aastal.



Joonis 2.26. Hoones olev kahhelpliit soojamüüriga (vasakul) ja plekkahi (paremal).
(Allikas: autorite erakogu)

Pliidi kahhelkivide vahele on tekkinud pragu ning pliidi kütmisel tuleb pragudest jälgida, kas tuli juba seestpoolt paistab ja ei ole tegu enam viimistlusveaga, vaid sisemise probleemiga ja seda on vaja kutsuda spetsialist vaatama (joonis 2.27).



Joonis 2.27. Pliidi kahhelkividesse tekkinud pragu. (Allikas: autorite erakogu)

Pööningu vahelael nähtud korstna osa oli tugevalt pigine vuukide ebatihedusest, kuid hooldamata ja lagunev korsten võib tuleohtu tekitada (joonis 2.28). Pigi tekib korstnale soojustamata külma pööningu puhul, sest puude põletamisel korstnas üles liikuv soe suits

puutub kokku külma välisõhuga ning tekib kondents, mille tõttu tuleb korstna sisepinnale pigi, mis aja jooksul hakkab telliste vahelistest vuukidest välja pressima.



Joonis 2.28. Korstnavahelised vuugid ei ole tihedad. (Allikas: autorite erakogu)

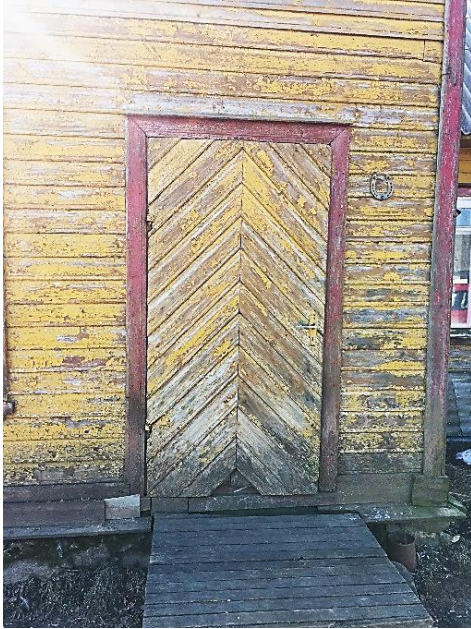
Avatäidete seisukord

Hoone siseuksed on puidust tahveluksed (joonis 2.29). Uksed on üldiselt rahuldavas seisus, esines mõningaid kahjustusi, eelkõige värvikahjustusi. Joonisel 2.29 on siseuks, mille ühel pool on soe tuba ja teisel pool soojustamata külm vahekoridor ning uksetahvlile on tekkinud temperatuuri erinevustest praod.



Joonis 2.29. Praod uksetahvlil. (Allikas: autorite erakogu)

Hoone lõunapoolse külje välisuksel puudub varikatus ja selle tõttu on uks suurema kliimakoormuse käes ning tekkinud mädanikkahjustus ja värv kobrutanud ning kestendanud (joonis 2.30).



Joonis 2.30. Mädanikkahjustusega lõunapoolse külje välisuks. (Allikas: autorite erakogu)

Aknad on kahekordse klaasiga ja kahe raamiga ning niiskuse tõttu mädanikkahjustustega (joonis 2.31). Akendel puuduvad veeplekid, mis kaitseksid liigvee tungimise eest kandekonstruktsioonidesse. Akna kahjustuste peamised põhjused on väline kliimakoormus (päikesekiirgus, kaldvihm, niiskuse- ja temperatuurikõikumine, lumi, jää ja tuul), kasutusest tulenev koormus ja hoolduse puudus. Puidu mädanikkahjustuste põhjus võib olla ka akendeks kasutatud puidu kvaliteedis.



Joonis 2.31. Kahjustunud aknaraam. (Allikas: autorite erakogu)

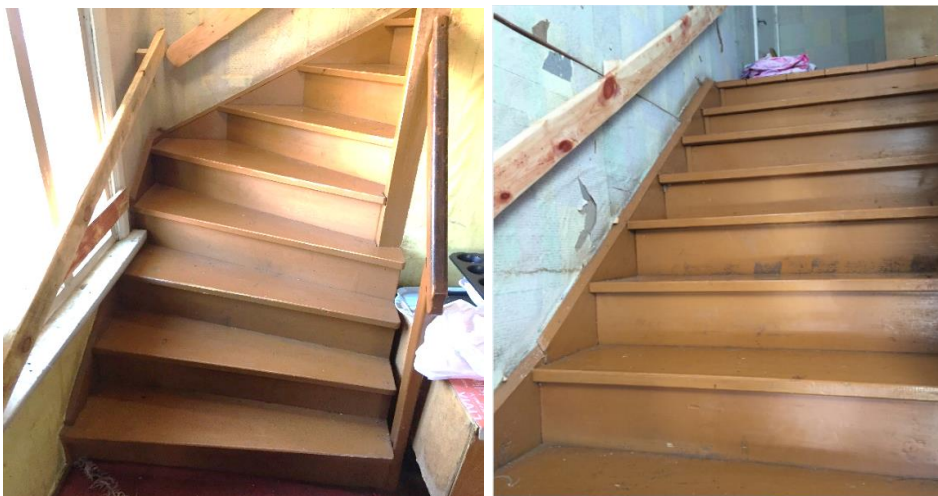
Uksed ja aknad on vahetatud 1972. aastal, kuid uste ja lengi vahel puudusid tihendid ja piisav õhutihedus on puudulik. Samuti olid tihendid puudulikud aknalengi ja tenderpostide vahel ning seestpoolt akende vahele kuivades tekkinud kuni 5mm laiused praod olid enamasti õhupidavuse tõstmiseks teibitud, kuid ka teip ei sulge suuri pragusid akende vahel täielikult (joonis 2.32). Sellest tulenevalt on akende avamine raskendatud, mis võib takistada ruumide piisavat tuulutamist soojal ajal.



Joonis 2.32. Kinni teibitud praod aknaraamil. (Allikas: autorite erakogu)

Trepi seisukord

Hoones on uurdes-astmetega ja varvaslauaga trepp. Nii astmed kui ka varvaslauad on otstega tapitud trepipõskedes asetsevatesse uuretesse. Astmelaud on 250mm ja varvaslaud 20mm. Trepipõsed on 60mm ja tapitud 20-25mm sügavusesse. Trepi astmed on kulunud ja kohati vajuvad ning nagisevad, mis võib olla tingitud trepitalade kahjustustest ning need vajaksid korrastamist, samuti vajavad ka käsipuude kinnitused tugevdamist.



Joonis 2.33. Hoone sisetrepp. (Allikas: autorite erakogu)

Elektreisüsteemide seisukord

Hoone elektrisüsteemid on 80%-lises matus väljavahetatud 2018. aastal.

Veevarustuse ja kanalisatsiooni seisukord

Hoonesse tuleb vesi pumbamaja puurkaevust, mis on ehitatud 1972. aastal ja tuli algselt köögi segistisse külma vee näol ning vesi juhiti maja alla. Majas oli kuivkäimla, kuid 2018. aastal see lammutati ja tehti asemele duširuum, koos tualetiga ning rajati kanalisatsioonisüsteem, mis jookseb tagasi läbi pumbamaja eemal olevasse betoonmahutisse, et vajadusel saaks poole pealt puhastada. Paigaldati ka soojaveeboiler, mis tagab sooja vee köögi segistisse ja dušisegistisse. Teisel korrusel veevarustus puudub.

Visuaalse hindamise teel hinnatud hoone osade hinded on koondatud tabelisse 2.1

Tabel 2.1. Hoone osade ehitustehnilise seisukorra hinnang

Hoone osad	0 – avariiline	1 – halb	2 – rahuldav	3 – hea
Vundamentide keskmine hinne – HV		1		
Seinte keskmine hinne – HS		1		
Vahelagede keskmine hinne – HVa			2	
Katuste keskmine hinne – HK			2	
Põhiliste ehituslike süsteemide keskmine hinne - HP		1,5		
Uste ja akende keskmine hinne – HUA			2	
Ühiskondlike ruumide keskmine hinne - HR			2	
Teiste ehituslike süsteemide keskmine hinne - HTe			2	
Küttesüsteemide keskmine hinne – HKU			2	
Veevarustuse keskmine hinne – HV				3
Kanalisatsioonisüsteemide keskmine hinne – HKA				3
Elektrisüsteemide keskmine hinne – HE			2	
Tehniliste süsteemide keskmine hinne - HT			2,5	
Kogu hoone keskmine hinne - H		1,67		

Põhiliste ehituslike süsteemide keskmine hinne:

$$HP = \frac{HV + HS + HVa + HK}{4} = \frac{1 + 1 + 2 + 2}{4} = 1,5$$

Teiste ehituslike süsteemide keskmine hinne:

$$HTe = \frac{HUA + HR}{2} = \frac{2 + 2}{2} = 2$$

Tehniliste süsteemide keskmine hinne:

$$HT = \frac{HKU + HV + HKA + HE}{4} = \frac{2 + 3 + 3 + 2}{4} = 2,5$$

Kogu hoone keskmine hinne:

$$H = \frac{HP + \frac{HTe}{25} + \frac{HT}{5}}{1,24} = \frac{1,5 + \frac{2}{25} + \frac{2,5}{5}}{1,24} = 1,67$$

Hoone ehitustehnilise seisukorra hindeks kujunes välja 1,67, mis kaldub „rahuldava“ poole. See hinne näitab selgelt, et hoones on vaja mitmeid ulatuslikke renoveerimis- ja rekonstrueerimistöid teha, kuid hoone ei ole avariiline ja seal võib elada. Kõrvalhoonete ehitustehnilise seisukorra hindamine on toodud lisas 2.

3. ELUHOONE SISEKLIIMA HINDAMINE

3.1 Termograafia

Külmasild on tarindi piirkond, mille soojusjuhtivus on tarindi muudest osadest märgatavalt suurem, selle juures on tarindi välispind muudest osadest soojem, sisepind jahedam. Eristatakse geomeetrilisi ja konstruktsioonilisi, koht-, joon- ja punktkülmasildu. Kohtkülmasildadeks on näiteks tarindit läbivad karkassipostid ja soojustust läbivad kivi- ja betoontarindid. Joonkülmasillad on näiteks hoone välisnurgad, akende ja uste piida perimeeter, vundamendi ja alumise korruse põranda kokkupuutejoon. Punktkülmasildadeks on näiteks soojustust läbivad ankrud ja kinnitid ning rõdude ja varikatuste kandetalad. (Ehitusfüüsika ABC 2012)

Külmasilla juures on hoone tarindi sisepinna temperatuur madalam ja välispinna temperatuur kõrgem. Külmasilla ohtlikkus seisnebki selles, et selle kohal võib sisepinna temperatuur langeda nii madalale, et tekib niiskuse kondenseerumise oht ja sellest tulenevalt hallituse tekkeoht. Lisaks külmasildadele, nii koht-, joon- kui punktkülmasildadel, võivad hoone sisepinna temperatuuri alanemist põhjustada mitmed teised, eelkõige ehitustehnoloogilised asjaolud, nagu: soojustuse paigaldamise vead või selle puudumine (esineb eelkõige välisseintes, kus soojustus on ära vajunud), märgunud soojustus (tuleneb vee sattumisest konstruktsioonide vahele) ning õhulekke tekked alarõhu tingimustes, mis viitavad konstruktsioonide ebatihedusele. (Ehitusfüüsika ABC 2012)

On mitmeid põhjuseid, miks tuleb külmasildadega vanemate maaelamute puhul arvestada. Esiteks, külmasilla suuremast soojusjuhtivusest põhjustatud madalam sisepinna temperatuur ja sellest tulenev kõrgem suhteline niiskus võib põhjustada tarindis mikroorganismide kasvu, toatemperatuuril on hallituse kasvuks sobiv suhteline niiskus 75%-80%, ning veeauru kondenseerumist. Teiseks, madalad pinnatemperatuurid suurtel aladel suurendavad õhuliikumist ning ebasümmeetrilist kiirgust, mis omakorda vähendavad soojuslikku mugavust. Lisaks suurendavad külmasillad hoonete energiakulu, piirdetarindite soojusjuhtivuse üldise vähenemise juures hoone soojakadudes külmasildade osakaal kasvab. (Maaelamute sisekliima...2011)

Termografeerimise metoodika

Külmasildade analüüsis kasutati termografeerimist infrapunakaamera. Termograafia on materjali mitterikkuv meetod, mille abil saab hinnata hoone tarindite ja ehitusmaterjalide toimivust, kvaliteeti ja seisukorda. Termokaamera abil saab kiiresti hoone kohta mitmesugust teavet, rikkumata tarindeid. Selle abil saab määrata kohad, kus on soojusleke, õhuleke või puudulik soojustus, saab hinnata õhulekke suurust ning määrata ka külmasildade asukohad. (Termograafia ehituses 2016)

Temperatuuriindeks (f_{Rsi}) e sisepinna temperatuuri, välistemperatuuri ja sisetemperatuuri omavaheline suhe määrab külmasillast põhjustatud madalama sisepinnatemperatuuri kriitilisuse (EVS-EN 13788:2012). Termograafilise mõõdistamise ajal mõõdetakse kõik kolm temperatuuri ära ning seejärel saab temperatuuriindeksi abil, mis arvutatakse valemiga 1.1 (EVS-EN 13788:2012), hinnata külmasildade kriitilisust.

$$f_{Rsi} = \frac{t_{si} - t_e}{t_i - t_e}, \quad (3.1.)$$

kus f_{Rsi} on temperatuuriindeks;


t_{si} – sisepinnatemperatuur, °C;

t_i – siseõhu temperatuur, °C;

t_e – välisõhu temperatuur, °C.

Termograafia eesmärgiks on hoonete probleemsete kohtade ja sellel meetodil määratavate defektid tuvastamine ja kaardistamine. Termopildiga samast kohast tehakse ka tavaline foto. Tuginedes standardile EVS-EN 13187:2001 määratakse termopildistamise käigus pinnatemperatuuride erinevused, mille kaudu tuvastatakse hoone välispiirete defektsed kohad. Hoone termografeerimisel kasutati termokaamerat Flir B50, tavaliste piltide tegemiseks kasutatakse nutitelefoni Iphone 7. Termokaamera Flir B50 mõõtevahemik ja -täpsus on toodud tabelis 3.1.

Tabel 3.1. Termokaamera mõõtevahemik ja mõõtetäpsus (Infrared camera-b50 2012)

Termokaamera	Mõõtevahemik	Mõõtetäpsus
Flir B50 	-20°C kuni +120°C	±2°C (±2% lugemitest)

Antud lõputöös viiakse termograafia läbi kahes etapis: i) hoone sisene termografeerimine, ii) hoone väline termografeerimine.

Hoone sisene termografeerimine toimub samaaegselt hoone välispiirete õhutiheduse testiga, kõigepealt passiivses olukorras (enne õhutiheduse testi), kus määratakse külmasillad tavaolukorras. Teine pildistamine toimub võimendatud alarõhuga, mis tekitatakse seadmega BlowerDoor, hoones tekitatakse 50Pa suurune alarõhk. Kui konstruktsioonis on õhulekkekohad, siis teistkordsel pildistamisel on pinnatemperatuurid alanenud. (Termograafia ehituse 2016)

Temperatuuri piirindeksite piirsuurused on Eestis arvutatud hallituse kasvu ja veeauru kondenseerumise vältimiseks, lähtudes niiskuskooormusest. Niiskuselisa väärtus talvel $+6\text{g/m}^3$ ja suvel $+2,5\text{g/m}^3$ vastab suure asutustihedusega ja/või halva ventilatsiooniga hoonete niiskuskooormusele. Sellistes tingimustes hallituse vältimiseks $f_{Rsi} \geq 0.80$ ning kondenseerumise vältimiseks $f_{Rsi} \geq 0.70$. Niiskuselisa talvel $+4\text{g/m}^3$ ja suvel $+1,5\text{g/m}^3$ niiskuskooormus on väikse asutustihedusega ja/või hea ventilatsiooniga hoonetes, hallituse vältimiseks $f_{Rsi} \geq 0,65$ ning kondenseerumise vältimiseks $f_{Rsi} \geq 0,55$. (Critical values... 2006)

Temperatuuri indeksi väärtused on toodud tabelis 3.2.

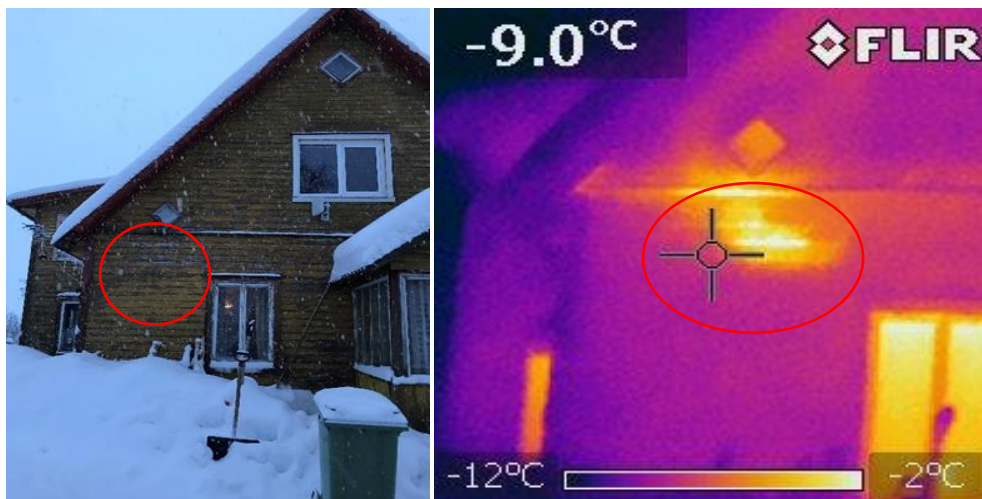
Tabel 3.1. Temperatuuri indeksi väärtused Eestis (Critical values... 2006)

Niiskuskooormus		f_{Rsi}	
		Hallituse vältimine	Kondenseerumise vältimine
Suure elanike arvu ja/või halva ventilatsiooniga elamud.	Talvel $+6\text{ g/m}^3$	≥ 0.80	≥ 0.70
	Suvel $+2,5\text{ g/m}^3$		
Väikse elanike arvu ja/või hea ventilatsiooniga elamud.	Talvel $+4\text{ g/m}^3$	≥ 0.65	≥ 0.55
	Suvel $+1,5\text{ g/m}^3$		

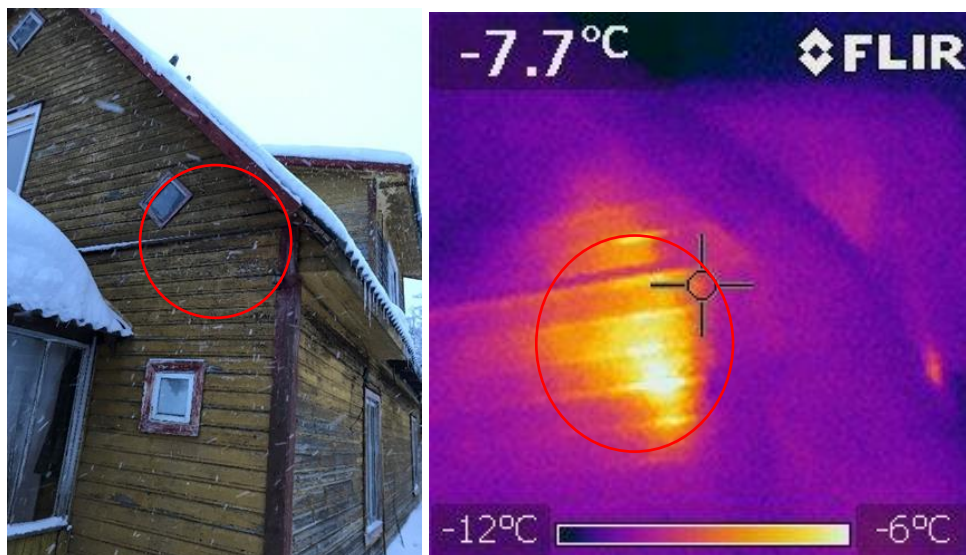
Tulemus

Termografeerimise käigus tehti uuritavast hoonest pildid nii termokaameraga kui ka tavalise kaameraga. Hoone väline termografeerimine võimaldab visualiseerida külmasildade ulatust ning peamisi paiknemiskohti (Maaelamute sisekliima...2011).

Allolevatelt joonistelt 3.1 ja 3.2 on näha soojusleket vahelae ja sein liitumiskohas. Nendel piltidel on näha konstruktiivset külmasilda.



Joonis 3.1. Hoone vahelae ja seina liitekoha soojusleke. (Allikas: autorite erakogu)



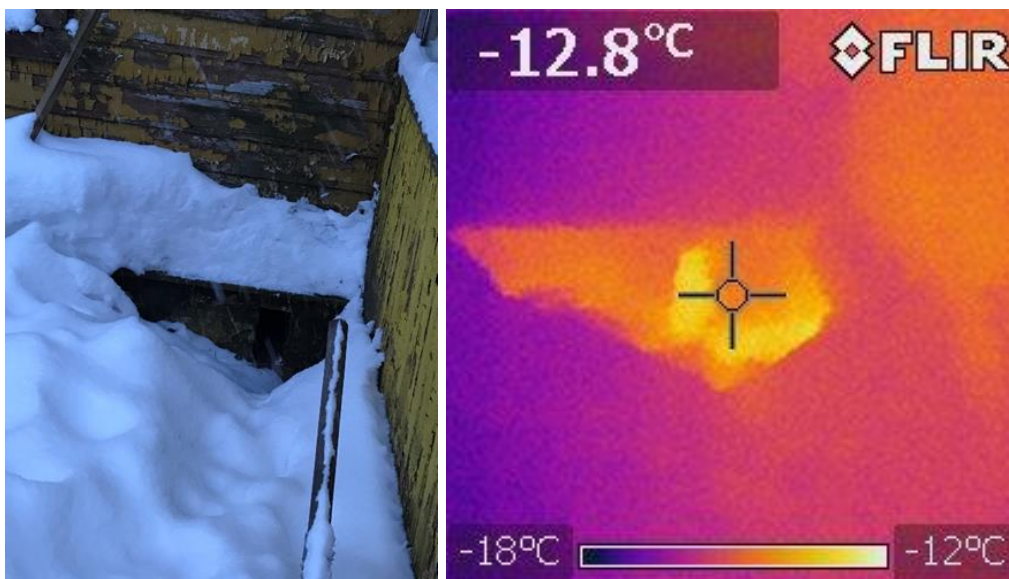
Joonis 3.2. Hoone vahelae ja seina liitekoha soojusleke. (Allikas: autorite erakogu)

Joonisel 3.3 on näha välispiirde soojusleket, kus on võrreldes ümbritseva välispiirdega palju suurem soojusleke. See võib tuleneda asjaolust, et antud hoone osa on ebakvaliteetselt ehitatud ning palgivahed ei ole korrektselt tihendatud või on palkidevaheline soojustus ära vajunud.



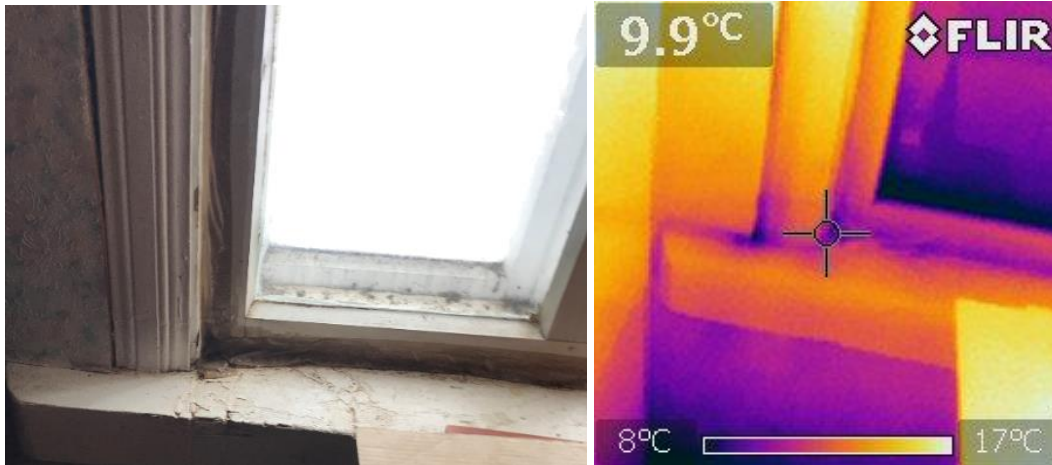
Joonis 3.3. Ulatuslik soojuslekkekoht seinas. (Allikas: autorite erakogu)

Väljatoodud välised termopildid on tehtud hoone probleemsetest kohtadest. Põhiliseks probleemiks olid palkidevahelised ebatihedused ja konstruktsioonilised vead, mis põhjustavad ulatuslike soojuslekkekohti. Kuna hoone põrand ja vundament on soojustamata, siis on ka hoone soklis ulatuslikud külmasillad. Joonisel 3.4 on näha, et vundamendi kaudu lahkub hoonest märgatav hulk soojust.

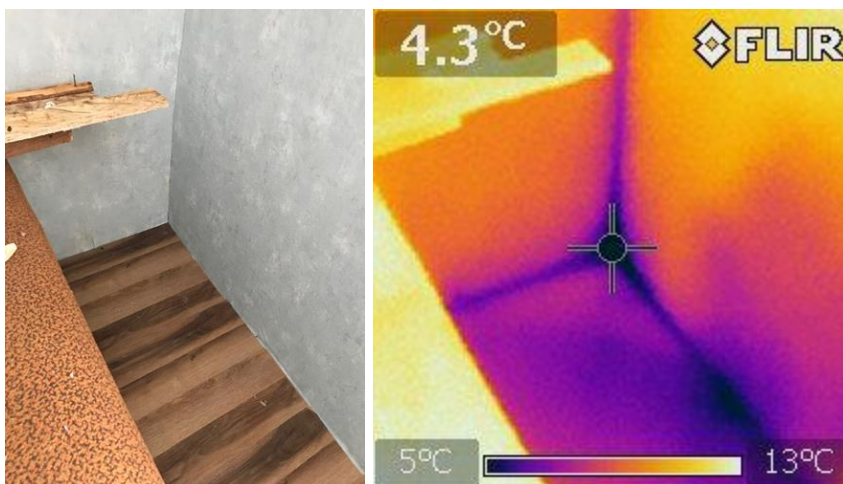


Joonis 3.4. Külmasild läbi sokli. (Allikas: autorite erakogu)

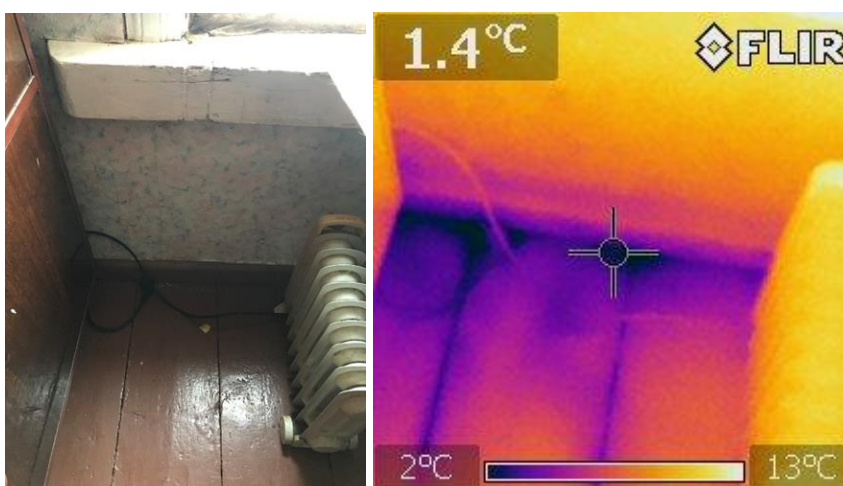
Termografeerimisega tuvastati nii passiivses olukorras, enne alarõhu testi, kui ka aktiivses olukorras, alarõhu testi ajal, soojuslekkekohad. Hoone sisemisel termografeerimisel tuvastatud põhilised soojuslekke kohad ja külmasillad on akende ümbruses (joonis 3.5), välisseina ja põranda liitekohad (joonis 3.6 ja 3.7) ning esimese korruse põrand (joonis 3.7).



Joonis 3.5. Akna ümbruse soojaleke, pinnatemperatuur $Sp=9,9^{\circ}\text{C}$. (Allikas: autorite erakogu)



Joonis 3.6. Põranda ja seina liitekoha külmasild teisel korrusel, pinnasetemperatuur $Sp=4,3^{\circ}\text{C}$. (Allikas: autorite erakogu)



Joonis 3.7. Põranda ja seina liitekoha külmasild esimesel korrusel. (Allikas: autorite erakogu)

Külmasildade kriitilisuse hindamisel kasutatud temperatuuriindeksite arvutamiseks (valem 3.1) on pinnatemperatuurid saadud termofotodelt. Ruumide sisetemperatuurid ning mõõtmishetkel olnud välistemperatuur on toodud tabelis 1. Mõõtmised teostati 29.01.2019.

Tabel 2.3. Temperatuuriindeksite arvutustulemused.

Joonis	Siseõhu temperatuur t_i (°C)	Välisõhu temperatuur t_e (°C)	Sisepinna temperatuur $Sp=t_{si}$ (°C)	Temperatuuri indeks
Joonis 3.5	19,1	-8,9	$Sp1=9,9$	0,67
Joonis 3.6	19,1	-8,9	$Sp1=4,3$	0,47
Joonis 3.7	18,5	-8,9	$Sp1=1,4$	0,38

Tabelist 3.3 on näha, et temperatuuriindeksi väärtused jäävad alla piirnorme ning hoonepiirde defektsetes kohtades on nii hallituse kui ka kondensaadi tekkeoht suur. Hoone termografeerimine aktiivsetes tingimustes ehk alarõhu olukorras on välja toodud hoonepiirete õhupidavuse peatükis.

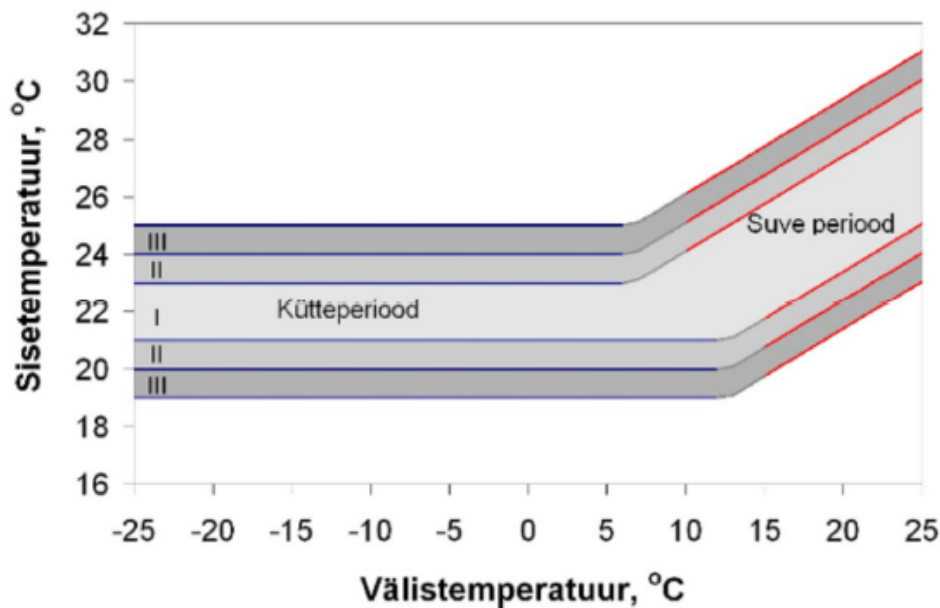
3.2 Temperatuur ja suhteline õhuniiskus

Metoodika

Eesti vabariigi valitsus on määrusega nr 85 kehtestanud nõuded eluruumidele, mis peaksid inimestele tagama tervisliku elukeskkonna. Selles määruses on ära toodud elukeskkonnaks sobivad parameetrid ning nõuded eluruumide piiretele, pindaladele ja ruumaladele. Inimesed on erinevad ja sellepärast on ka iga indiviidi soojuslik mugavus erinev. Soojuslikku mugavust on kõige parem määrata sisetemperatuuri järgi. Õhutemperatuur peab olema optimaalne, looma inimesele hubase soojatunde ning aitama kaasa tervisliku sisekliima tekkimisele ja selle püsimisele. Kaugküttevõrgust või hoone katlamajast köetavas eluruumis ei tohi pikemajalisel viibimisel ruumis temperatuur langeda alla 18°C. (EV määrus nr 85)

Mitmed uuringud näitavad, et inimeste jaoks on tähtsaim sisekliimategur soojuslik mugavus, vähem tähelepanu pööratakse õhu kvaliteedile, ruumide väljanägemisele ning akustilisele kvaliteedile. Liiga kõrge sisetemperatuur on halb hoone toimimisele ning suurendab ka hoone ülalpidamiskulu rahaliselt. Keskmise ruumi temperatuuri tõusmine üle 22°C seostatakse haige hoone sündroomiga. Sisetemperatuuril on suur mõju ka kütteenergiakulule, juba 1°C keskmise sisetemperatuuri muutus mõjutab umbes 5% kütteenergiakulu.

Ilma mehaanilise jahutusega hoonetes, kus on võimalik avada aknaid ning valida riietatust, võib erinevate sisekliimaklasside piirsuurused esitada joonise 3.8. kujul, kus on kombineeritud nii hoonete energiatõhususe projekteerimise standardit EVS-EN 15251:2007 ning sisekliima projekteerimiskriteeriumi CR 1752 piirsuurused. (Maaelamute sisekliima...2011) Antud lõputöös kasutatakse madalamait e III sisekliima klassi, mille piirsuurused jäävad talvel vahemikku +19-25°C vahele.



Joonis 3.8. Sisetemperatuuri kriteeriumid suvel ja talvel kolmes erinevas sisekliima klassis. (Maaelamute sisekliima...2011)

Sisekliimat ja hoonepiirete niiskusežiimi mõjutavad suhteline niiskus õhus ning veeaurisaldus õhus. Õhu veeauru sisaldust suurendab ruumide suur niiskustootlus, näiteks intensiivne söögitegemine, toataimede kastmine, pesu siseruumides kuivatamine jms, samuti suurendab veeauru sisaldust õhus halb ventilatsioon ehk ei toimu õhuvahetust. Suur niiskukoormus võib hoone piirdetarinditele põhjustada niiskuskahjustusi, halvendada sisekliimat ning soodustada mikroobide kasvu. (Eesti eluasemefondi puitkorterelamute...2011)

Niiskuskahjustused hoone tarindites on sagedasemad just vanade hoonete puhul, kuna vanade hoonete puhul on enamasti kasutusel loomulik ventilatsioon. Loomuliku ventilatsiooni miinusteks on see, et inimesed topivad loomuliku ventilatsiooni avasid kinni, et takistada külma õhu jõudmist hoonesse. See aga takistab ventilatsiooni toimivust ning tekitab niiskuskahjustusi, kuna õhk ei saa liikuda. Hoone niiskuskahjustused suurendavad

ka inimeste terviseriski, põhjustades köha, astmat, väsimust, peavalu ning hingamisteede haigusi.

Määruse 85 järgi on eluruumide optimaalne suhteline õhuniiskus 40-60%, nii välditakse inimeste tervisekahjustusi, veeauru kondenseerumist kui ka hoone niiskuskahjustuste teket (EV määrus 85). Standardi EVS-EN 15251:2007 järgi jääb III sisekliima klassi kuuluva hoone suhteline õhuniiskus vahemikku 20-70% (EVS-EN 15251:2007). Talvel siseõhu suhtelise õhuniiskuse 40-60% võivad suure soojusjuhtivusega hoonepiiretel tekkida tõsised niiskuskahjustused, kuna talvel on piirdetarindite pinnatemperatuur õhutemperatuurist madalam ja selle tõttu on suhtelise niiskuse tase kõrgem (Maaelamute sisekliima...2011). Antud lõputöös on ruumiõhu suhtelise niiskuse hindamisel kasutatud piirsuurusi talvel köetavas ruumis 20-45%.

Tabelis 3.4 on näha standardist EVS-EN 15251:2007 hoonete sisekliima rühmitamiseks toodud sisekliima klassid ning mis selgitused erinevate klasside kohta käivad.

Tabel 3.4. Sisekliima klassid (EVS-EN 15251:2007)


Sisekliima klass	Selgitus
I	Kõrged nõudmised sisekliima kvaliteedile. Soovitavad ruumides, kus viibivad väga tundlikud, nõrga tervisega ja erinõuetega inimesed, näiteks puuetega inimesed, haiged, väga väikesed lapsed ning eakad inimesed.
II	Tavapärased nõudmised sisekliima kvaliteedile. Tuleks rakendada uutes ja renoveeritavates hoonetes.
III	Mõõdukad nõudmised sisekliima kvaliteedile. Võib rakendada olemasolevates hoonetes.
IV	Sisekliima kvaliteedi väärtused, mis jäävad väljapoole eelmainitud klasse. Antud klass võib olla vastuvõetav ainult piiratud ajal aastast.

Talvel on välisõhu suhteline niiskus kõrge, aga veeauru sisaldus õhus on väike. Selle tõttu on siseruumide suhteline niiskus talvel madalam kui suvel. Veeauru hulk õhus sõltub temperatuurist, soe õhk sisaldab rohkem veeauru kui külm õhk. -25°C juures saab maksimaalselt 1m³ õhus olla 0,55g veeauru aga +25°C juures 23,01g. Kuna suhteline niiskus sõltub temperatuurist, ei saa selle alusel öelda, kas ruumides on suur või väike niiskukoormus. Siseruumide niiskukoormust näitab niiskuslisa e sise- ja välisõhu veeaurusisalduste erinevus. (Maja ja niiskus...2005)

Hoone siseruumide õhutemperatuuri ja suhtelise õhuniiskuse mõõtmisteks kasutati Hobo U12 011 andmesalvesteid, andurite mõõteala ja mõõtetäpsus on toodud tabelis 3.5. Temperatuuri ja suhtelist niiskust mõõdeti kahes magamistoas 0,6-1,5 meetri kõrguselt ning

seadmed paigaldati mööbli külge, eemale otsesest soojusallikast ja välisseinast. (Maaelamute sisekliima... 2011) Sisekliima mõõtetulemused salvestati 30-minutilise intervalliga ning mõõtmisi teostati mõlemas magamistoas umbes 4 nädalat, 29.01-03.03.2019.

Tabel 3.5. Temperatuuri ja suhtelise niiskuse mõõteseadmete andmed (Hobo® U12...2019)

Hobo U-12 011	Andmed
	<p>Temperatuur</p> <p>Mõõtepiirkond: -20 °C ...+70 °C</p> <p>Mõõtetäpsus: ±0,35 °C ±0 °C...50 °C</p> <p>Suheline niiskus</p> <p>Mõõtepiirkond: 5%...95%</p> <p>Mõõtetäpsus: ±2,5% 10%...90%</p>

Väliskliima andmetena on kasutatud Eesti Meteoroloogia- ja Hüdroloogia Instituudi poolt mõõdetud andmeid Jõhvis. Mõõteperioodi nädalate keskmised temperatuurid ja õhu suhtelised niiskused on välja toodud tabelis 4.

Niiskuslisa arvutatakse valemiga 3.2, kus arvutatakse siseõhu ja välisõhu veeaurisisalduse vahe (EVS-EN ISO 13788:2012).

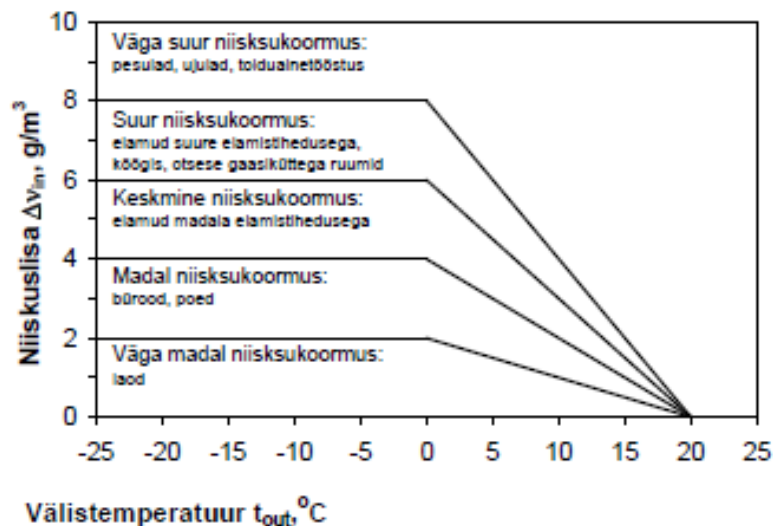
$$\Delta v = v_i - v_e, \quad (3.2.)$$

kus Δv on niiskuslisa, g/m³;

v_i - siseõhu veeaurisisaldus, g/m³;

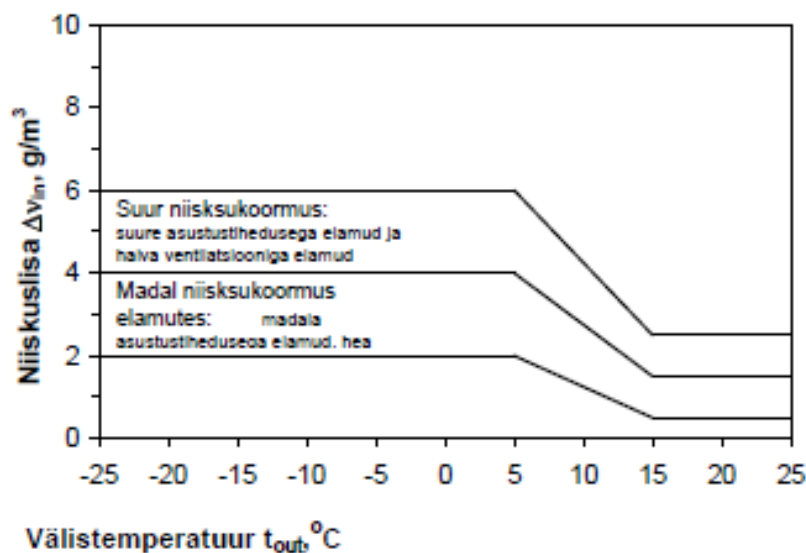
v_e - välisõhu veeaurisisaldus, g/m³.

Standardis EVS-EN 13788:2012 on niiskuskoormuste hindamisel kasutatud piirsuursi toodud joonisel 3.9.



Joonis 3.9. Niiskuselise tasemed (EVS-EN 13788, viidatud TTÜ puitelamute...2011 alusel)

Varasemalt Eestis läbiviidud uuringu (Critical values...2006) tulemused näitasid, et EVS-EN 13788 tasemed ei sobi Eesti elamuid iseloomustama. Põhiliseks erinevuseks on see, et suveperioodil ei ole niiskuselise 0 g/m³ ning niiskuselise sõltuvus välis temperatuurist on erinev. (TTÜ puitelamute uuring... 2011) Antud lõputöös on niiskukoormuse iseloomustamiseks kasutatud joonist 3.10.



Joonis 3.10. Niiskuselise tasemed (*Critical values for the temperature...2006*, viidatud TTÜ puitelamute uuringu alusel).

Välis temperatuuri ja välise õhuniiskuse andmetena kasutati ilmajaama andmeid Jõhvi kohta, kuna Jõhvi asub lõputöös käsitletavale hoonele mõõtmispunktidest kõige lähemal. Tabelis 3.6 on näha nädala keskmisi temperatuure ja õhuniiskusi.

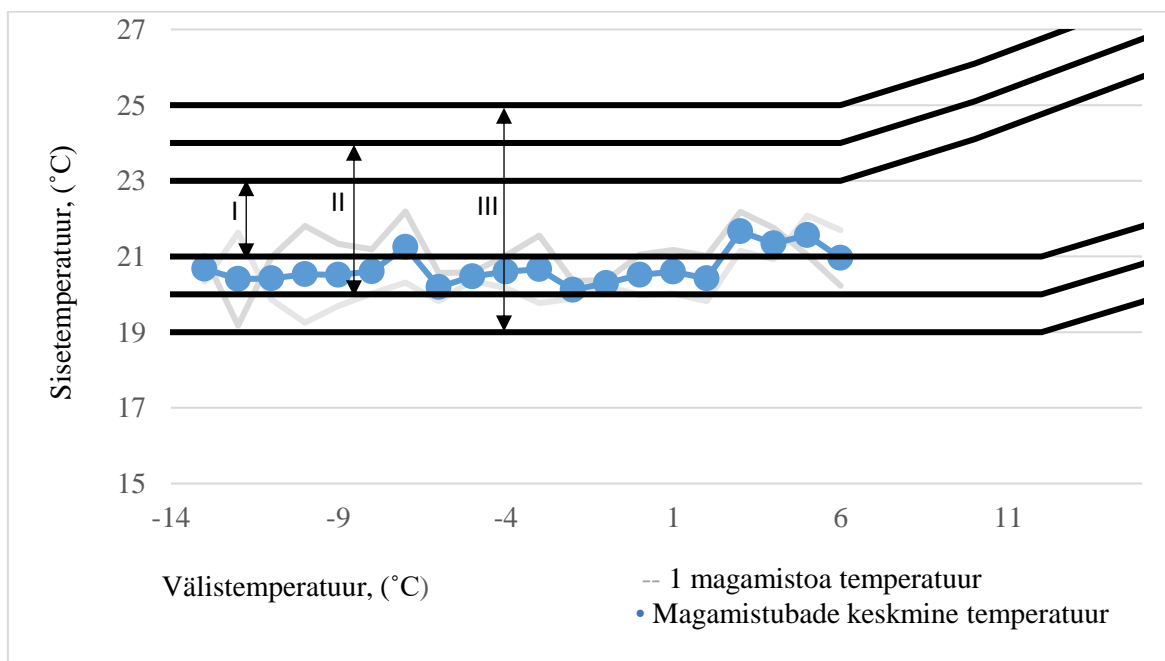
Tabel 3.6. Nädala keskmised välistemperatuurid ja suhtelised õhuniiskused. (EMHI vaatlusandmed 23.03.19)

Mõõdetud parameeter	Nädal				
	5	6	7	8	9
Välisõhu temperatuur θ , °C	-3,7	-1,6	0,7	-1,9	-1,2
Välisõhu suhteline õhuniiskus ϕ , %	92,3	91,1	86,9	79,7	79,1

Ühe päeva madalaim keskmine temperatuur mõõteperioodil oli -8°C ja kõrgeim 3,9°C. Mõõteperioodi keskmine temperatuur oli -1,5°C ning keskmine suhteline õhuniiskus oli 85,8%.

Tulemus

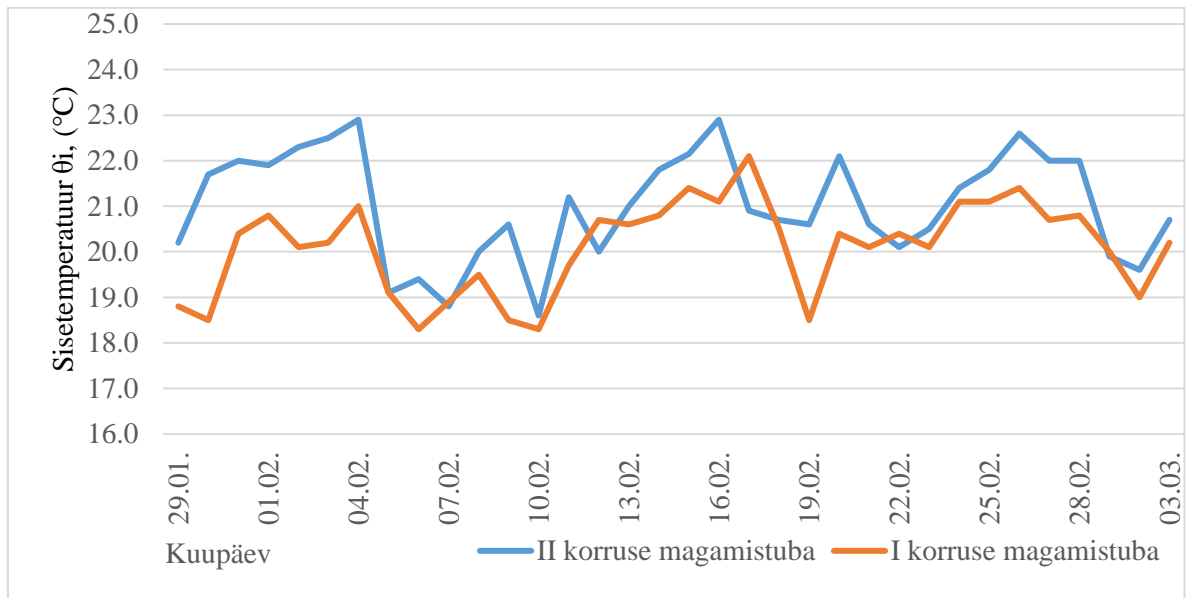
Uuritavas hoones toimus temperatuuri ja suhtelise õhuniiskuse salvestamine ajavahemikus 29.01.2019-03.03.2019. Iga välistemperatuuri ühe kraadi kohta arvutati keskmine sisetemperatuur, mis esindab konkreetse magamistoa sisetemperatuuri. Mõõdetud magamistubade sise- ja välistemperatuuride seosed on toodud joonisel 3.11. Mustade joontega on sisekliima joonistel toodud I, II ja III sisekliima klassi vahemikud.



Joonis 3.11. Uuritud magamistubade sisetemperatuuri seosed välistemperatuuriga.

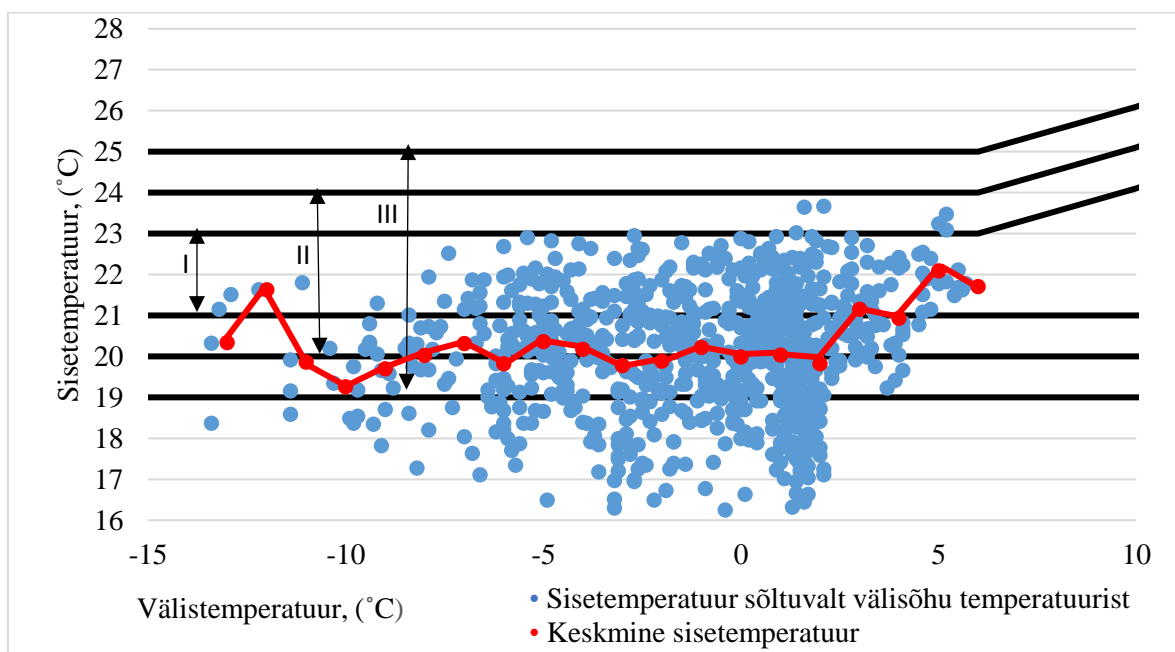
Mõõtmise ajal oli hoones kütteperiood, keskmine temperatuur mõõteperioodil oli 20,6°C. Maksimaalne keskmine sisetemperatuur oli 22,9°C ning madalaim keskmine temperatuur oli 18,3°C. Sisetemperatuurid hoones olid vahemikus 15,0°C kuni 26,0°C.

Mõlema magamistoa temperatuurimuutuste graafik ajas on toodud joonisel 3.12. Kuigi inimese jaoks mugav temperatuur sõltub igast indiviidist, on jooniselt näha, et päevase keskmise temperatuuri kõikumine mõlemas magamistoa on olnud suur.



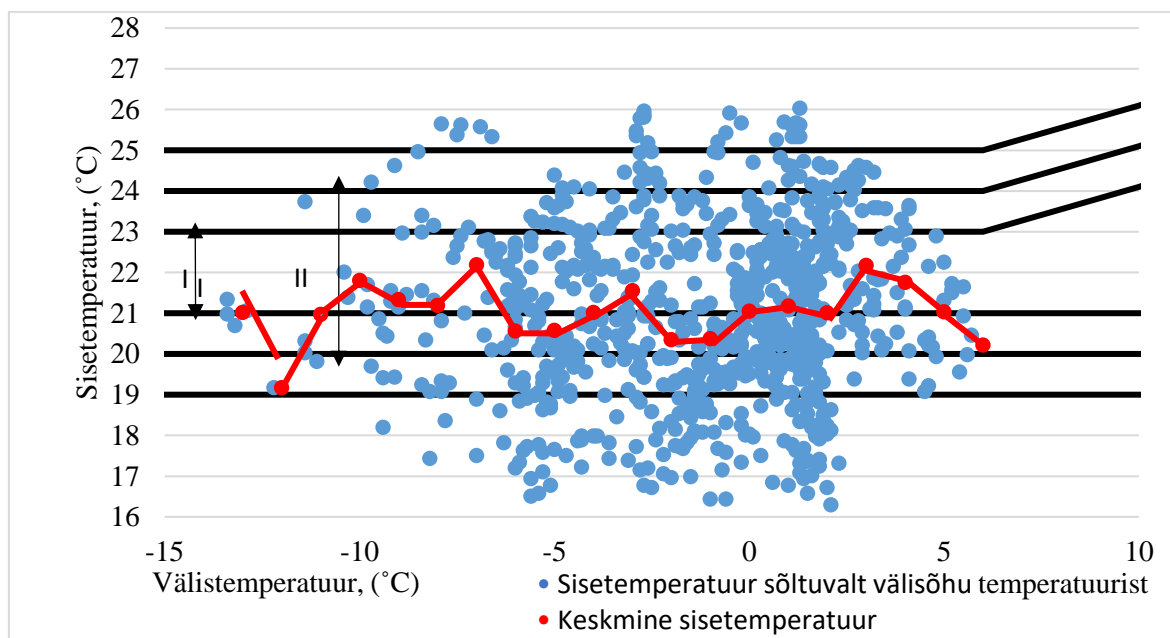
Joonis 3.12. Mõlema magamistoa temperatuuride muutus ajas.

Sisetemperatuuride mõõtetulemuste põhjal hinnati korterites olevat soojuslikku olukorda II ja III sisekliima klassi piirsuurustega. Joonisel 3.13 on näha esimese korruse magamistoa temperatuuride vastavus piirsuurustele ning joonisel 3.14 teise korruse magamistoa sisetemperatuuride vastavust piirsuurustele.



Joonis 3.13. Esimese korruse magamistoa sisetemperatuuri sõltuvus välistemperatuurist.

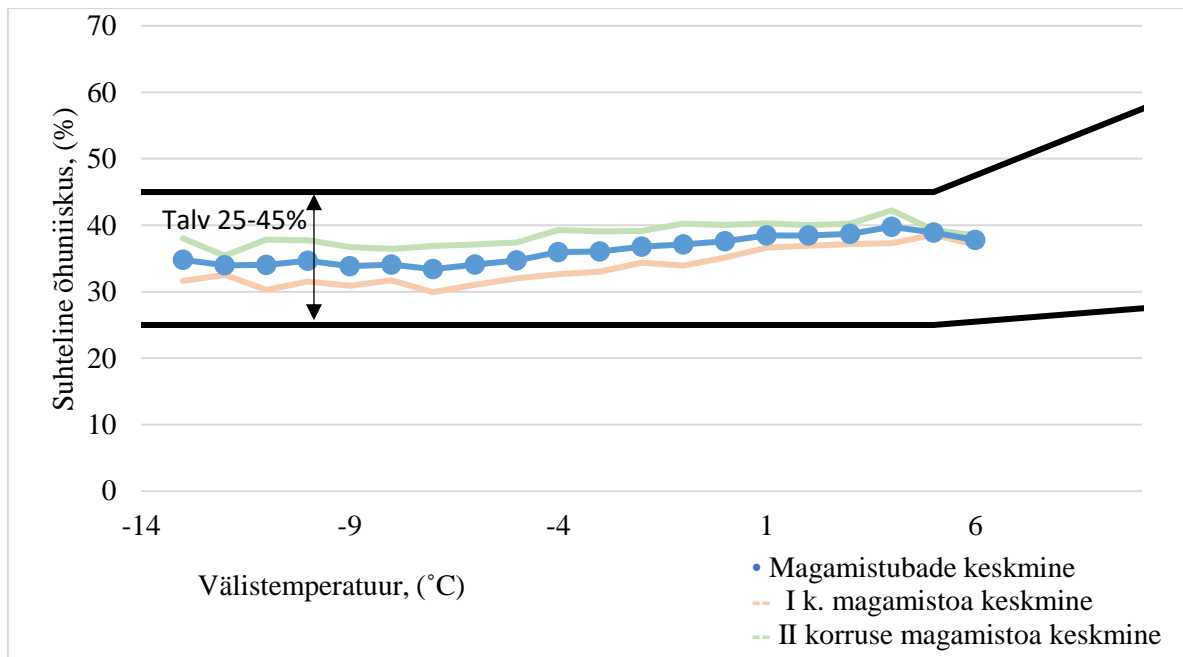
Jooniselt 3.13 on näha, et esimese korruse magamistoa temperatuuri kõikumised on olnud suured, sisetemperatuur jäi vahemikku 15,5-23,7°C. Keskmise sisetemperatuuri järgi vastaks antud magamistuba III sisekliima klassile. Temperatuur oli vahemikus 15,5-18,9°C 16% ajast ning jäi väljapoole sisekliimaklasside piire.



Joonis 3.14. Teise korruse magamistoa sisetemperatuuri sõltuvus välis temperatuurist.

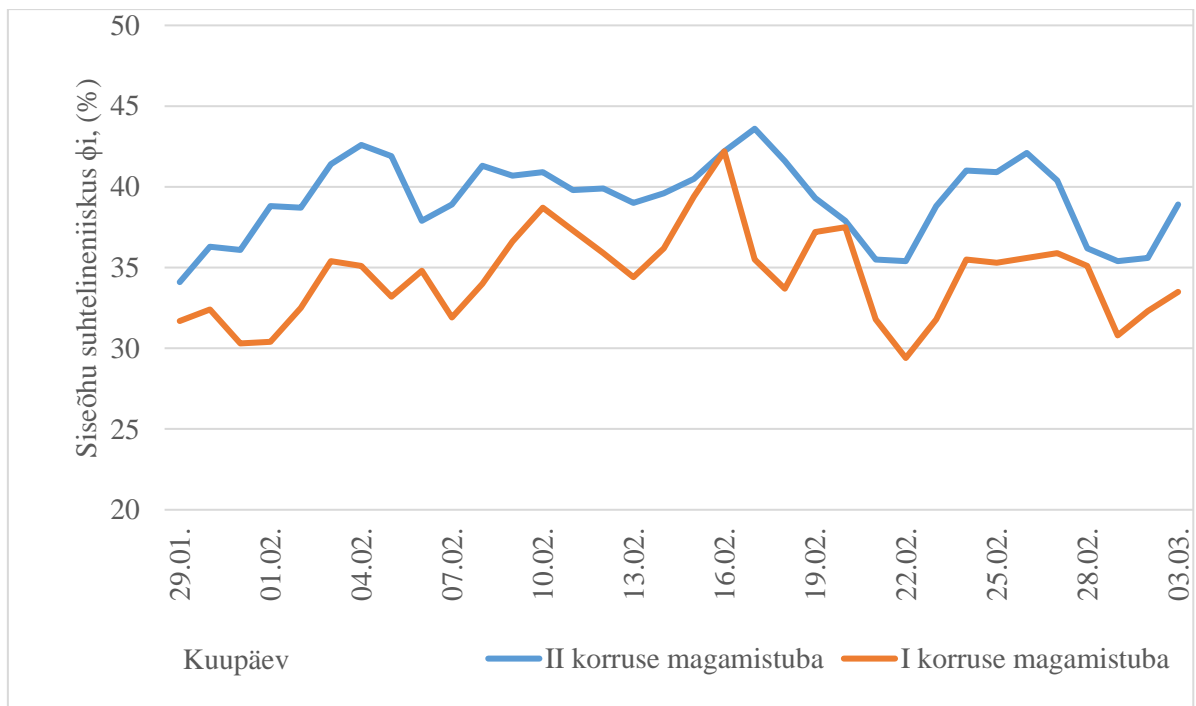
Jooniselt 3.14 toodud teise korruse magamistoa sisetemperatuuride vastavusest standardile on näha, et teise korruse temperatuuride kõikumised on veelgi suuremad. Sisetemperatuurid jäid vahemikku 15,0-26,0°C, aga 60% ajast jääb II sisekliima klassi piirsuruste vahele. Keskmise sisetemperatuuri järgi jääb teise korruse magamistuba II sisekliima klassi.

Uuritud magamistubade suhtelise niiskuse mõõtetulemused jaotati vastavalt välis temperatuurile. Iga välis temperatuuri ühe kraadi kohta arvutati siseõhu keskmine suhteline niiskus, mis esindab kindla magamistoa suhtelist õhuniiskust. Hoone keskmise siseõhu suhtelise niiskuse sõltumine välis temperatuurist on esitatud joonisel 3.15. Mustade joonte vahele jääb joonisel talvine siseruumide lubatud õhuniiskus, milleks on 25-45%.



Joonis 3.15. Mõlema magamistoa suhtelise õhuniiskuse sõltuvus välistemperatuurist.

Mõõteperioodi keskmine suhteline õhuniiskus oli magamistubades 36,9%. Suhteline õhuniiskus jäi vahemikku 26,7-48,7%. Esimese korruse magamistoa kõige madalam keskmine suhteline õhuniiskus oli 29,9% ning kõrgeim 38,6%, teise korruse magamistoaas olid need tasemed vastavalt 35,4% ning 42,2%. Mõlema magamistoa suhtelise õhuniiskuse kõikumine ajas on toodud joonisel 3.16.

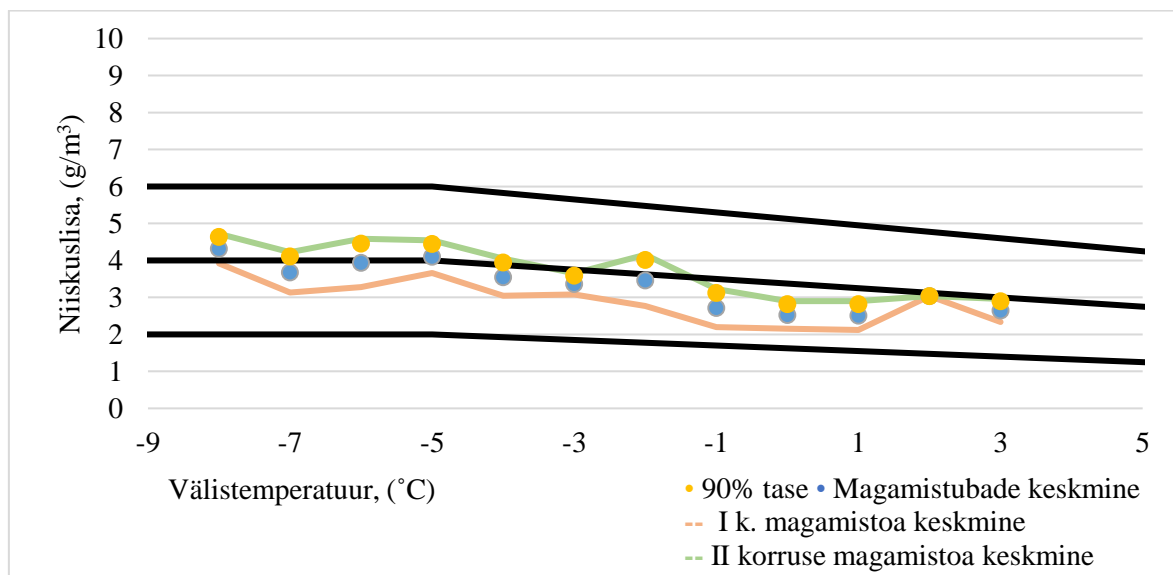


Joonis 3.16. Mõlema magamistoa siseõhu suhtelise niiskuse muutus ajas.

Jooniselt 3.16 on näha, et nii I kui teise korruse magamistoa suhtelise õhuniiskuse kõikumine on suhteliselt väike ning jäävad standardis antud piiridesse. Teise korruse magamistoa suurem suhteline õhuniiskuse võib olla tingitud sellest, et seal resideerub rohkem inimesi.

Siseruumide niiskuskooormust ei saa hinnata ainult suhtelise õhuniiskuse järgi, kuna suhteline õhuniiskus sõltub mitmetest asjaoludest: niiskustootlusest, sise- ja välistemperatuurist, välisõhu veeaurusisaldusest ning ventilatsiooni toimivusest. Sellepärast kasutatakse siseruumide niiskuskooormuse hindamisel ka niiskuslisa, mis näitab sise- ja välisõhu veeaurusisalduse vahet.

Niiskuslisa sõltuvus välistemperatuurist on toodud joonisel 3.17. Antud lõputöös on keskmine niiskuslisa 90% kriitilisel tasemel, niiskuslisa $3,66\text{g/m}^3$. Esimese korruse magamistoa niiskuslisa oli mõõteperioodil keskmiselt $2,90\text{g/m}^3$ ning teise korrusel $3,74\text{g/m}^3$.



Joonis 3.17. Niiskuslisa sõltuvus välistemperatuurist.

Jooniselt 3.17 on näha, et esimese korruse magamistuba jääb madala niiskuskooormuse piiridesse. Teise korruse magamistoa tulemused aga näitavad, et umbes poole ajast on toas suur niiskuskooormus, sama näitab ka mõlema magamistoa 90% tase. Kuna mõõtmiste ajal oli kütteperiood ning see vähendab niiskuskooormust, siis võivad suvised niiskuskooormused olla hoones suuremad.

3.3 Piirete õhupidavus

Vanemate elamute puhul võivad piirdekonstruktsioonides aja jooksul tekkida praod ja hõredamad kohad, mis põhjustavad kontrollimatu õhuvoolu ehk sooja siseõhu väljaliikumist ning külma välisõhu hoonesse liikumist. Selle tõttu on enne hoone renoveerimist otstarbekas määrata hoone õhutihedus ning suuremad õhulekkekohad ära kaardistada. Õhulekke kohtade vältimiseks tuleb parandada seinte, põrandate, lagede, akende ja uste soojapidavust. Välispiirete tihendamise saavutatakse õhupidavus ehk soe toaõhk ei liigu läbi avauste välja ning tuulepidavus ehk külm välisõhk ei liigu soojustusse ja tagasi, jahutades hoonet. (Vana maamaja...2012)

Hoonepiirete õhupidavusel on suur mõju hoone energiatõhususele, sisekliimale ja selle kvaliteedile, kuna piirdetarindites olevate ebatiheduste tõttu võivad hoonesse tekkida suured õhuvoolud. Hoonepiirete õhulekkega seostatakse mitmeid probleeme:

- i. niiskustehnilised probleemid, tarindites olevate ebatiheduste läbi liigub niiskus, mis võimaldab hallituse ja niiskuskahjustuste teket,
- ii. hallituse ja õhusaaste liikumine siseruumidesse, piirdetarindites olevate õhulekete kaudu võivad siseruumi õhku sattuda saastunud õhk väljast kui ka piirdetarindites endas olevad hallituseosed,
- iii. piirde pindade alajahtumine, mis põhjustab sisetemperatuuri alanemist ning mõjutab sisekliima kvaliteeti,
- iv. tuleohutus, ebatiheduste tõttu tarindites levivad tulekahju korral tuli ja suits hoones kiiremini.

Samuti mõjutavad õhulekked hoone energiatõhusust, väikse õhulekkega hoone energiakulu võib olla oluliselt väiksem võrreldes tavapärase hoonega. (Maaelamute sisekliima ...2011)

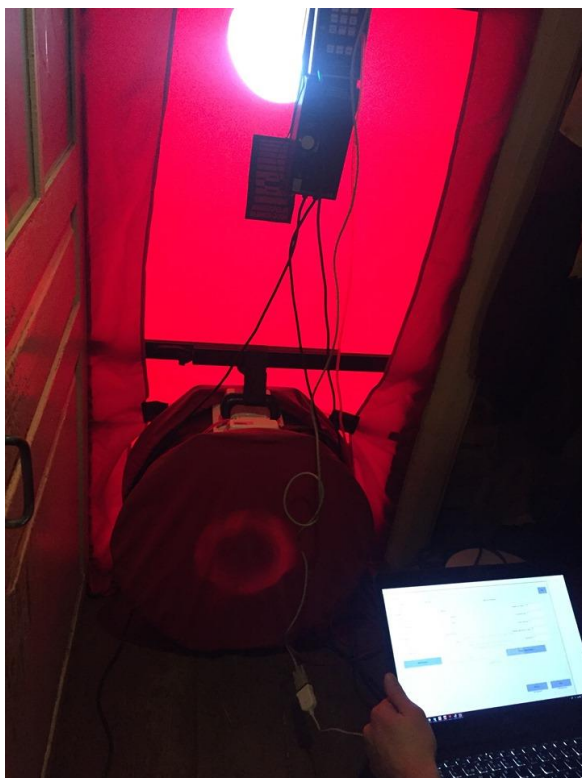
Eesti Vabariigi määruses nr 258 on määratud, et keskmine õhulekkearv ei tohi üldjuhul ületada $1 \text{ m}^3/\text{h}$ välispiirde ruutmeetri kohta $[\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)]$. Samuti on seal öeldud, et niiskuskonvektsioonide vältimiseks tuleb tarindite kriitilised sõlmed, nt seina ja katuse ühendus, katuslae auru- või õhutõkke jätkukohad, läbiviigud, teha praktiliselt täiesti õhupidavaks. (EV määrus nr 258)

Õhupidavuse tulemused esitatakse kahel viisil:

- i) õhulekkearv q_{50} , $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$, mis iseloomustab õhulekke suurust 50Pa juures jaotatuna elamu piirdetarindi pindalale;

ii) õhuvaetuskordsus 50Pa juures n_{50} , h^{-1} , mis iseloomustab lekkeõhu suurust 50Pa juures jaotatuna elamu sisekubatuurile. (Maaelamute sisekliima...2011)

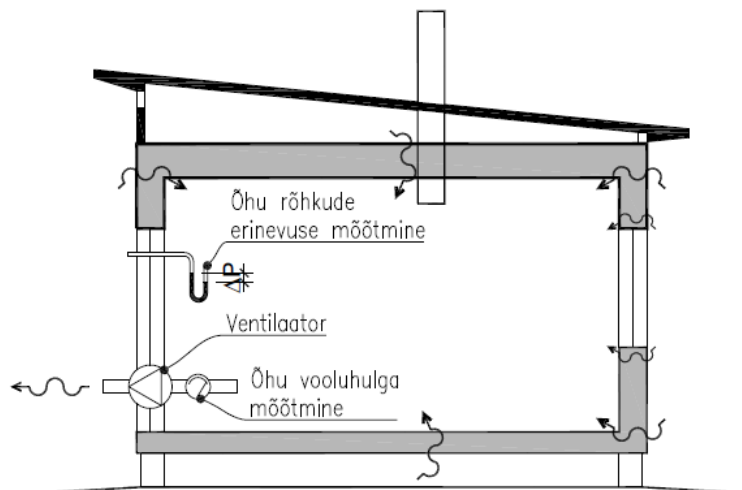
Hoonepiirete piisav õhutihedus tagatakse soojustuskihi eraldamisega välisõhust ehk tuuletõkkega ning tuuletõkke vuukide tihendamisega. Samuti tuleb tihendada palkide vahelised ebatihedused ning aknad ja uksed. Õhulekkearvu piirväärtuseks on elamutel määratud $q_{50}=3m^3/(h*m^2)$ (EVS 837:2003), aga vanemate maamajade on puhul on õhulekkearv $q_{50}=18m^3/(h*m^2)$ ja õhuvahetuvus 50Pa juures $n_{50}=26h^{-1}$ (Maaelamute sisekliima...2011).



Joonis 3.18. Õhupidavuse mõõtmise teostamine. (Allikas: autorite erakogu)

Metoodika

Hoonepiirete õhupidavuse mõõtmisel kasutati standardit EVS-EN ISO 9972:2015, mõõtmisel kasutati ventilaatoriga survestamise meetodit (EVS-EN 9972:2015). Hoone välisukse avasse paigaldati mõõtesead (Minneapolis Blower Door Model 3), mis koosneb ventilaatorist, juhtimis- ja mõõteseadmest, õhutihedast kangast ning muudetava suurusega raamist. Hoone esimese korruse põrandapindala on $85m^2$, hoone ruumala on $352m^3$ ning välispiirete pindala on $190m^2$. Õhutiheduse mõõtmise põhimõtteline skeem on toodud joonisel 3.19.



Joonis 3.19. Õhutiheduse mõõtmise põhimõtteline skeem. (Maaelamute sisekliima...2011)

Välispiirete õhutiheduse mõõtmiseks suleti kõik välispiirdes olevad suletavad avad e aknad ja uksed, loomuliku ventilatsiooni avad, värskeõhuklapid. Sisemised vaheuksed jäeti avatuks. Lisaks kontrolliti, et kraanid oleksid kinni ning haisulukkudes oleks vesi sees. Mõõteseadme ventilaatoriga tekitati sise- ja väliskeskkonna vahel soovitud õhurõhkude erinevus. Katse käigus mõõdeti õhuvooluhulka, mis läbis ventilaatorit, et hoida vajalikku rõhuerinevust nii alarõhu kui ka ülerõhu tingimustes 10Pa sammuga $0... \pm 60\text{Pa}$. Sama õhuhulk, mis läbis ventilaatorit, tuli hoonesse piirete ja pragude kaudu. (EVS-EN 9972:2015)

Õhupidavuse tagamiseks peab hoonel olema võimalikult vähe õhulekkekohti ning need peavad olema võimalikult väiksed. Suuremate õhulekkekohtade tuvastamiseks kasutati hoones lisaks õhupidavustestile ka termografeerimist, mille käigus tehti kõigepealt tavaline termopilt ning seejärel alarõhu tingimustes termopilt, lisaks kõrvutati termopilt tavalise pildiga, et oleks näha, mis kohaga tegemist on.

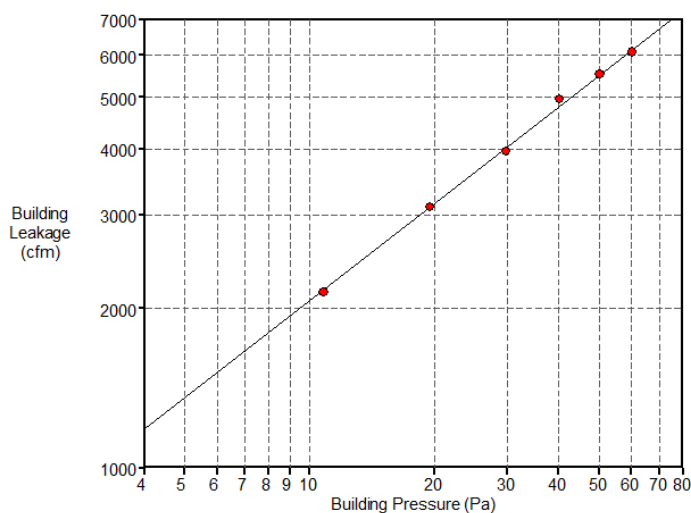
Tulemus

Õhupidavust mõõdeti hoones Blowerdooriga (ventilaatoriga õhuhõrendus uks), toetudes standardile EVS-EN ISO 9972:2015. Tabelis 3.3.1 on välja toodud hoone õhulekkearv q_{50} , mis näitab 50Pa uures lekkeõhu suurust hoone piirdetarindi pindala kohta ning õhuvahetuskordsus n_{50} , h^{-1} , mis iseloomustab 50Pa juures lekkeõhu suurust hoone kubatuuri kohta.

Tabel 3.7. Hoone õhupidavuse mõõtetulemused.

Õhulekkearv, q_{50} , $\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$	Õhuvahetus @50Pa, n_{50} , h^{-1}
28,93	19,70

Õhulekkearv antud hoones oli $28,93 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ ning õhuvahetuskordsus $19,70 \text{ h}^{-1}$. Varasemalt tehtud uuringus maaelamute kohta (Maaelamute sisekliima...2011) oli mõõdetud keskmine õhulekkearv, $q_{50}=15 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ ja keskmine õhuvahetuvuskordsus $n_{50}=22 \text{ h}^{-1}$. Lõputöös käsitletud hoone kubatuur on umbes 1,5 korda suurem piirdetarindite pindalast, sellepärast on ka õhulekkearv antud hoone puhul õhuvahetuskordsust suurem. Võrreldes varasema uuringuga ning piirsuurusega on lõputöös uuritud hoone õhuvahetuskordsus väiksem, aga õhulekkearv tunduvalt suurem, seega kaob suur hulk hoone soojusest hoone piirete kaudu ja hoone ei ole piisavalt õhutihe.

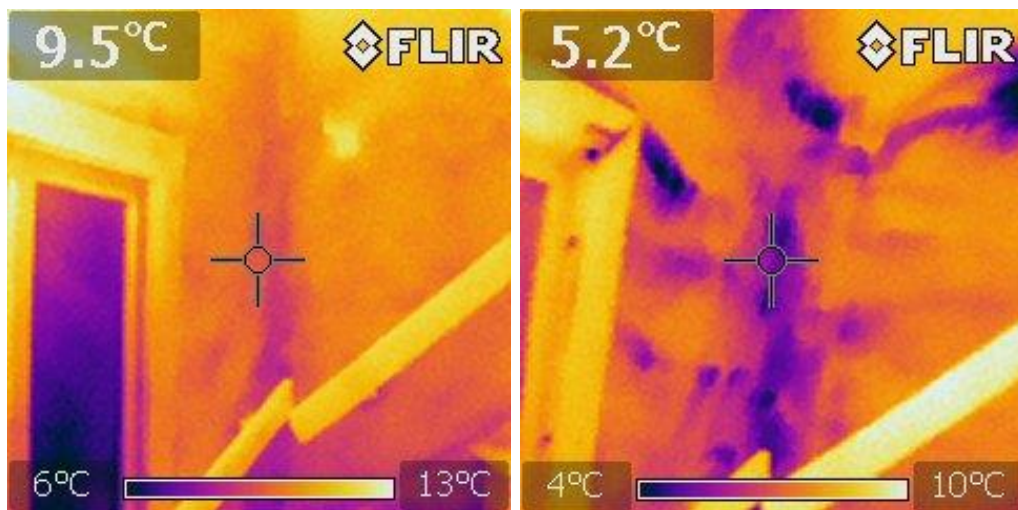


Joonis 3.20. Hoone alarõhu lekkeõhu graafik.

Lisaks termografeeriti hoonet alarõhu tingimustes, mille käigus uuriti õhulekkeid aktiivses olukorras. Selleks kasutati termokaamerat Flir B50, mille tehnilised näitajad on toodud tabelis 3.1.



Joonis 3.21. Pilt termografeeritud välisseinast. (Allikas: autorite erakogu)

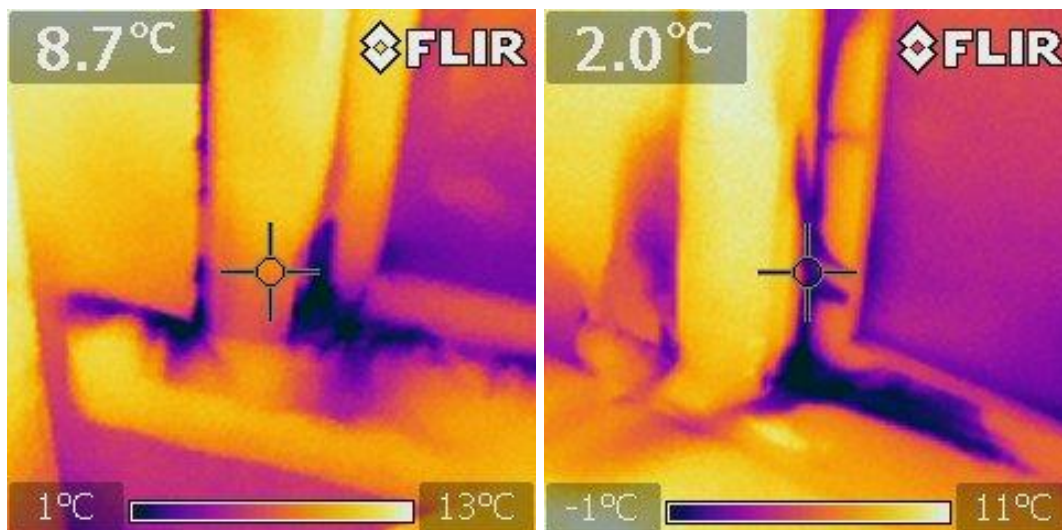


Joonis 3.22. Termografeerimine aktiivses olekus (välissein): vasakul passiivses olukorras, paremal aktiivses olukorras. (Allikas: autorite erakogu)

Joonisel 3.21 on pilt termografeeritud seinas ning joonisel 3.22 on termopildid passiivses ja aktiivses olekus. Termopiltidelt on näha õhulekked välispiirdes, kus on ka näha, et pinna temperatuurid on alarõhutesti käigus mitu kraadi alanenud. Õhulekked võivad olla tingitud palkide ebaühtlasest vajumisest, palkidevahelistest ebatihedustest või ebakvaliteetsest ehitusest.



Joonis 3.23. Pilt aknast. (Allikas: autorite erakogu)

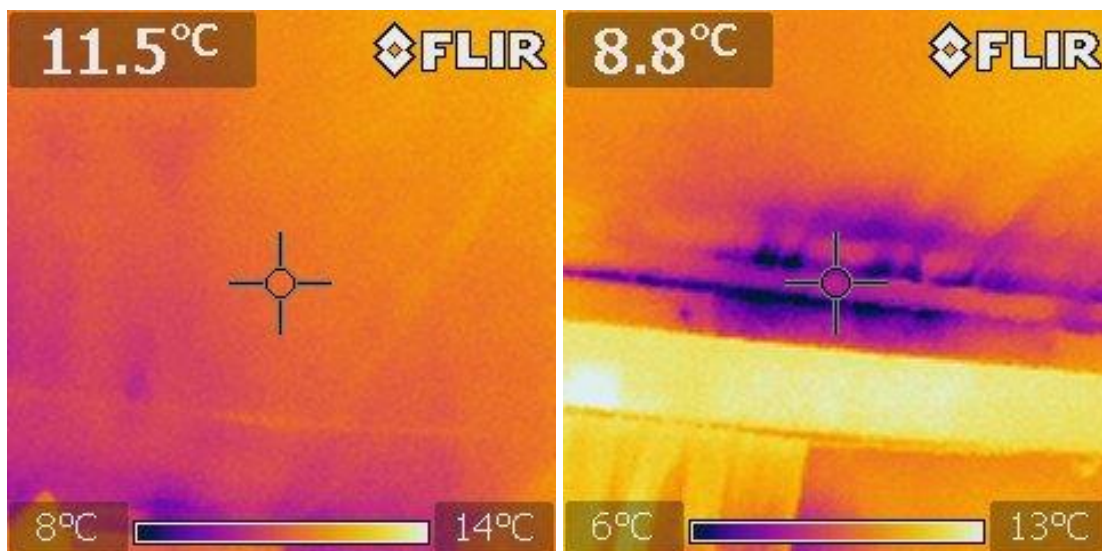


Joonis 3.24. Termografeerimine aktiivses olekus (aken): vasakul passiivses olukorras, paremal termopilt aktiivses olukorras. (Allikas: autorite erakogu)

Joonisel 3.23 on pilt termografeeritud aknast ning joonisel 3.24 termopilt passiivses ja aktiivses olukorras, kus on näha külmasild aknaraami ja aknalaua ümbruses. Vanade akende õhulekked on põhjustatud sellest, et nende tootmise tehnoloogia ei olnud nii täpne nagu tänapäeval, lisaks on ka ajafaktori mõju, s.t et aknaraam on kuivanud ning pragunenud.



Joonis 3.25. Lae ja seina liitumiskoht. (Allikas: autorite erakogu)



Joonis 3.26. Termografeerimine aktiivses olekus (lae ja seina liitumiskoht): vasakul termopilt passiivses olukorras, paremal termopilt aktiivses olukorras. (Allikas: autorite erakogu)

Joonisel 3.25 on termografeeritud lae ja seina liitumiskoht ning joonisel 3.26 on termopildid passiivses ja aktiivses olukorras. Õhulekkekohti leiti ka seina ja lae liitumiskohtades, mida on näha jooniselt 3.26.



Joonis 3.27. Termografeerimine aktiivses olekus (esimese korruse põrand): vasakul tavaline pilt, paremal termopilt aktiivses olukorras. (Allikas: autorite erakogu)

Jooniselt 3.27 on kujutatud hoone esimese korruse põrand aktiivses olukorras. Sellelt jooniselt on näha, et esimese korruse põranda laudade vahelistest ebatihedustest toimub õhuleke.

Hoone peamisteks õhulekke kohtadeks olid aknaraamide ja aknalaua ümbrused, esimese korruse põrand, välisseina ja lae liitumiskohad ning ka välisseina ebatihedused. Õhutihedust saaks parandada palkide vahede tihendamisega, vundamendi ja esimese korruse põranda soojustamisega ning akende ümbruste tihendamisega. Hoone elanikud võivad suurest õhulekkest tingituna tunda tuuletõmbust. Hoone õhupidavus mõjutab suurel määral küttekulusid ja hoone sisekliimat.

3.4 CO₂ sisaldus õhus

Suur osa inimesi veedab 90% oma päevast siseruumides, nt kodus, tööl või koolis, selle tõttu on siseruumides sisse hingatava õhu kvaliteedil suur mõju inimeste tervisele. Keskmise liiklusega tänaval võib õhk olla puhtam kui hoone elutoas. Halb siseõhu kvaliteet võib olla eriti kahjulik lastele ja eakatele, kellel on nõrgem immuunsüsteem, ning inimestele, kellel on südame-veresoonkonna ja kroonilisi hingamisteede haigusi, näiteks astma. (Signaalid 2013)

Elamu siseõhu kvaliteeti mõjutavad mitmed tegurid ning saasteallikad, milleks on inimeste arv, saasteainete eraldumine ruumis tegevuse toimetel (nt suitsetamine, niiskus, intensiivne söögivalmistamine), ruumide kasutusaeg, saasteainete eraldumine mööblist, põranda kattematerjalist ja puhastusvahenditest jms. (EVS 15251:2007)

Loomulik ventilatsioon tuleneb sooja ja külma õhu tiheduse vahest, soe õhk tõuseb üles ning liigub läbi korstna ja lae välja, külmem välisõhk tuleb läbi aknapragude ja ebatiheduste kaudu hoonesse sisse. Mida suurem on temperatuuride vahe, seda suurem on õhu rõhkude vahe ning seda rohkem õhku liigub hoonest läbi. Sellest tulenevalt on loomulik ventilatsioon ilmastiku suhtes väga tundlik, kuna talvel on sise- ja välisõhu temperatuuride erinevus suurem, sest talvel toimub suurem õhuvahetus. (Ventilatsioonitööd 2001)

Hoones, kus on tavapärasest suuremad niiskuseraldused – suur elanike tihedus, pesu kuivatamine, toidu valmistamine, toataimed – ja minimaalsed CO₂ eraldused, ei pruugi CO₂ taseme piirnormidesse jäämine tähendada piisava ventilatsiooni olemasolu niiskuse eraldumiseks. Kui suhteline õhuniiskus tõuseb üle 70-80%, siis on suur oht, et hoones hakkavad tekkima hallitusprobleemid. Selle tõttu on oluline jälgida ka hoone siseõhu hindamisel õhu suhtelist niiskust. (Eesti eluasemefondi... 2011)

CO₂ mõõtmise metoodika

CO₂ kontsentratsiooni mõõtmiseks kasutati Ahlborni andureid. Mõõteseadmete mõõtepiirkonnad ja täpsus on toodud tabelis 3.8. Mõõtmised toimusid ajavahemikus 29.01.2019 - 03.03.2019. Süsihappegaasi sisaldust ruumiõhus salvestati iga 30 minuti järel. Standardi EVS-EN 15251:2007 järgi tuleb CO₂ mõõtmised teha talveperioodil, selle peamiseks põhjuseks on see, et värske õhu sissepuhe on külmadel kuudel väiksem, kuna akna tuulutust kasutatakse vähem. Nii saadakse ka paremad mõõtmistulemused.

Tabel 3.8. CO₂ mõõtmisel kasutatud seade.

Seadme nimetus	Seadme parameetrid
Ahlborn FYA600CO2H	Mõõtepiirkond: CO ₂ tase 0-10000ppm Mõõtetäpsus: ±2% lugemist või 50ppm (0-5000ppm)

Mõõtmised toimusid kahes magamistoas: alumise korruse ruumis 29.01-12.02 ning teise korruse magamistoas 12.02-03.03. Esimesel korrusel magas mõõtmiste teostamise ajal üldiselt üks inimene, teisel korrusel neli - kaks täiskasvanut ning kaks väikest last.

Vabariigi valitsuse määrus nr. 85 määrab ära eluruumidele esitatavad nõuded. Selle määruse järgi peab inimese elutegevuseks vajaliku õhuhulga ja selle ringluseks olema hoones loomulik või mehaaniline ventilatsioon. Samuti peab olema tagatud õhu liikumise kiirus eluruumis ning keemiliste ja bioloogiliste ühendite sisaldus piirkontsentratsioon siseõhus peab vastama Eestis kehtestatud nõuetele. (EV määrus nr 85)

Antud lõputöös ei ole EVS-EN 15251:2007 CO₂ piirkontsentratsiooni (tabel 3.9) kasutamine sisekliima analüüsimisel otstarbekas, kuna see standard on rohkem mõeldud reguleeritavale ventilatsioonile, aga uuritavas hoones on loomulik ventilatsioon. Selle tõttu kasutame anud lõputöös sisekliima projekteerimiskriteeriumis CR 1752 toodud siseõhu CO₂ sisalduse piirnormid, mis on toodud tabelis 3.9, sealjuures on välisõhu CO₂ sisalduseks võetud 350ppm.

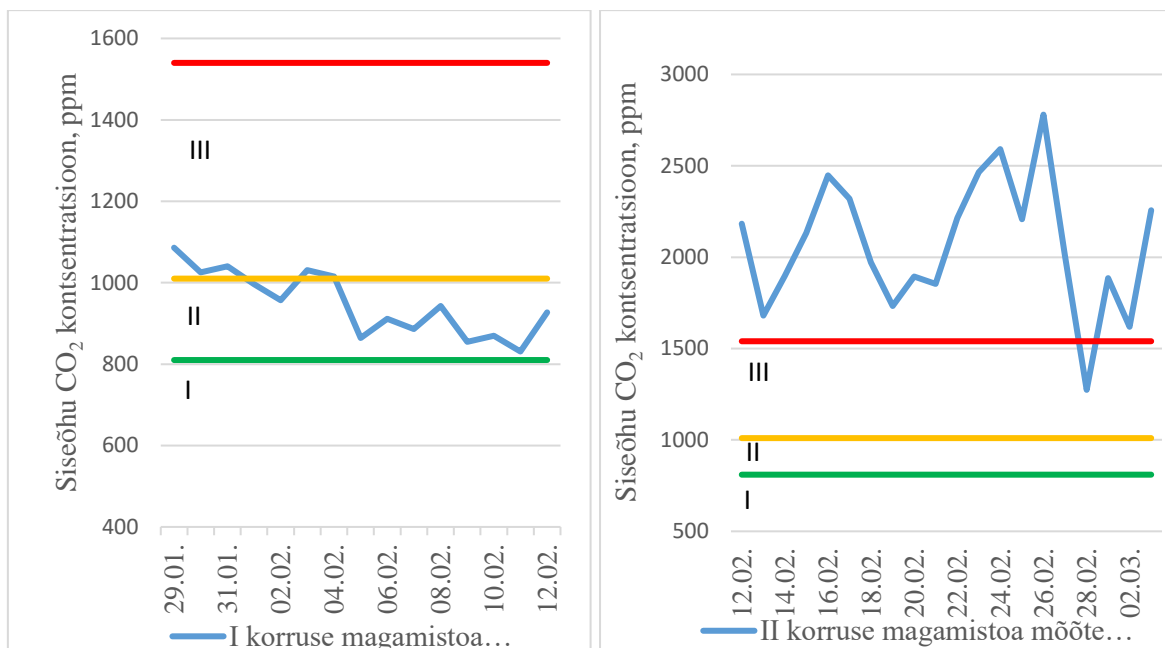
Tabel 3.9. Siseõhu soovituslikud CO₂ sisaldused kahe standardi näitel.

Sisekliima klass	Siseõhu CO ₂ sisaldus välisõhu 350ppm tasemel, ppm	
	EVS-EN 15251:2007	CR 1752
I (A)	700	810
II (B)	850	1010
III (C)	1150	1540

Tabelist 3.9 on näha, et standardi CR 1752 järgi on CO₂ lubatud piirnormid suuremad. EVS-EN 15251:2007 järgi on II sisekliima klassis lubatud maksimaalne CO₂ tase 850ppm ja III klassis 1150ppm, siis CR 1752 järgi jäävad vastavad suurused 1010ppm ja 1540ppm.

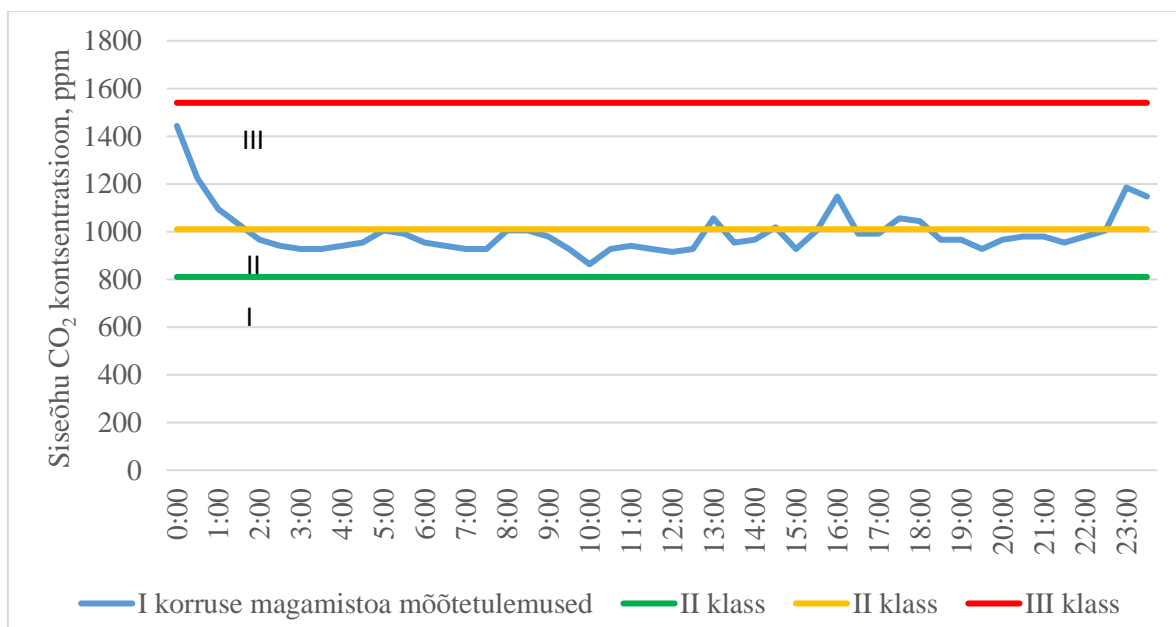
Tulemus

Hoone magamistubades jäid mõõdetud CO₂ kontsentratsioonid vahemikku 477-3762ppm ning kahe toa keskmine oli 1582ppm, mis ei vasta enam III (C) sisekliima klassile ning võib vastuvõetav olla ainult piiratud aja jooksul aastas. Mõõtmiste tulemused on toodud joonisel 3.28. Esimese korruse magamistoa mõõteperioodi keskmine oli 949ppm, mis jääb II (B) sisekliima klassi, aga teise korruse magamistoa keskmine oli 2066ppm, mis ei jää enam III (C) sisekliima klassi piiresse. Esimese korruse madal CO₂ tase võib tuleneda sellest, et kuigi vastava toa elanik viibib ka suurema osa päevasest ajast toas, on magamistoa uks enamasti lahti ja õhk saab seal vabamalt liikuda. Teise korruse väga kõrge CO₂ tase tuleneb sellest, et öösiti magab antud ruumis 4 inimest ning magamistoa uks on enamasti kinni. Selle tõttu ei toimi teise korruse magamistoas piisavat õhu liikumist. CO₂ tulemuste joonistel on toodud ka CR 1752 sisekliima klasside vahemikud, roheline jooneni on I klass, oranži jooneni on II klass ning punase jooneni III sisekliima klass.

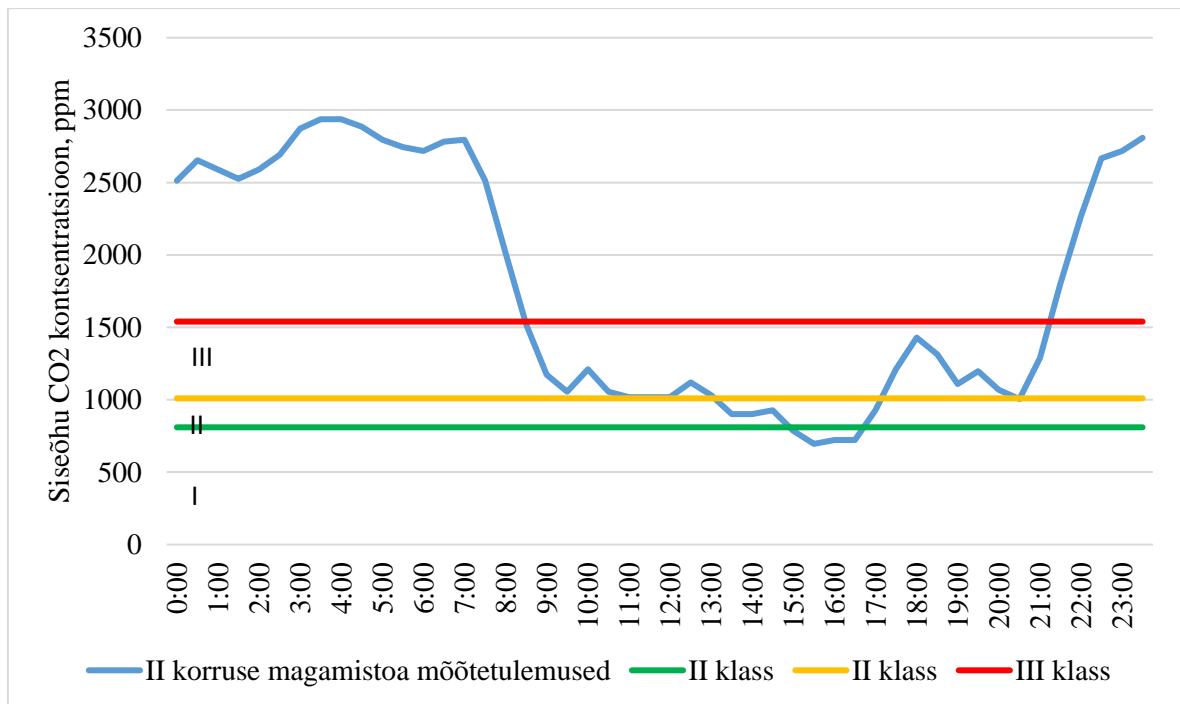


Joonis 3.28. CO₂ kontsentratsiooni muutus uuritud magamistubades, vasakul esimese korruse magamistoas, paremal teise korruse magamistoas.

Eraldi on välja toodud mõlema magamistoa ööpäevased CO₂ kontsentratsiooni kõikumised. Valitud on kuupäevad, kus kontsentratsiooni kõikumised olid kõige suuremad. Esimese korruse magamistoas on uuritud 1. veebruaril (joonis 3.29) ning Teise korruse magamistoa puhul 19. veebruaril (joonis 3.30).



Joonis 3.29. CO₂ kontsentratsiooni kõikumised ööpäeva jooksul esimese korruse magamistoas.



Joonis 3.30. CO₂ kontsentratsiooni kõikumised ööpäeva jooksul teise korruse magamistoas.

Joonisel 3.30 on selgesti näha, et teise korruse magamistoas inimeste magamise ajal on CO₂ kontsentratsiooni tase väga kõrge öösi, kui inimesed magavad. Alates kella 7-st hommikul hakkab CO₂ tase järsult langema ning päevasel ajal püsib enamasti II-III sisekliima klassis. Õhtul kella 9 paiku kontsentratsiooni tase järsult tõuseb, kuna inimesed hakkavad magama minema. Esimese korruse magamistoas püsib CO₂ tase stabiilselt II ja III sisekliima klassi vahel, mida on näha jooniselt 3.29.

Mõõtmised näitavad, et kuigi esimese korruse magamistuba kuulub II (B) sisekliima klassi, on teise korruse magamistoa CO₂ tase nii kõrge, et hoone keskmise CO₂ taseme poolest ei kuulu hoone enam III sisekliima klassi ning on inimeste tervisele kahjulik. Tulemustest saab järeldada, et ventilatsioon ei ole hoones piisav.

4. KATUSEKONSTRUKTSIOONIDE MITTEPURUSTAV UURIMINE

4.1 Mittepurustavad uuringud

Üldine definitsioon mittepurustavate meetodite puhul on vaatlus, testimine või mõõtmine, mis on toimunud katseobjekti peal, muutmata või kahjustamata mitte mingil määral seda objekti, et kindlaks teha puudused, praeguse seisukorra või kahjustused, mis võivad mõjutada objekti kasulikkust või kasutatavust. Mittepurustavate meetodite puhul saab mõõta ka objekti teisi karaktereid, näiteks suurust, dimensiooni ning ehitise/tarindi ja objekti tugevust. (Handbook of... 2012)

On mitmeid võimalusi, kuidas saab puittarindeid uurida mittepurustavatel meetoditel. Peamine meetod on visuaalne vaatlus, milleks ei ole vaja eraldi seadmeid, aga visuaalne hindamine on subjektiivne ja oleneb hindaja teadmistest. Puidu kvaliteeti saab hinnata ka mehaaniliselt, näiteks vastupanu-mikropuurimisega, mis näitab puidu sisemisi kahjustusi. Puidu niiskust saab määrata elektritakistuse meetodil, kui sõltuvalt veesisaldusest puidus muutub elektriline takistus. Veel kasutatakse mittepurustavate meetodite puhul akustilisi meetodeid, kus hinnatakse heli levimise kiirust puidus, nõelpenetratsiooni, mis näitab puidu tihedust/kõvadust, ning soojusliku meetodit ehk termograafiat.

Hoone säilimise seisukohast on kõige tähtsam katuse seisukord. Vundamendi praost või pehmest seinapalgist on palju tähtsam lekkiv katus, kuna niiskuse levik ja sellega kaasnevad kahjustused võivad kiiresti tekkida. Visuaalsest hindamisest jääb puittarindite uurimisel väheks, kuna sisemised kahjustused ja defektid jäävad tihti märkamata. Katusetarindite uurimisel on parimaks ekspertiseks kombineeritud ekspertiis. (Katuse raamat 2016) Lisaks visuaalsele vaatlusele uuritakse antud lõputöös katusetarindeid vastupanu-mikropuurimise meetodil ning puidu lokaalse niiskussisalduse mõõtmisel elektrilise takistuse põhimõttel.

4.2 Visuaalne kontroll

Mittepurustavate uuringute ajendiks oli lõputöö autoritel see, et talvisel ajal eluhoone seisukorda uurides oli pööningule lund sisse sadanud, mida on näha jooniselt 2.22. Selle tõttu teostati laetaladel kohtades, kus oli lumi, niiskuse mõõtmine ning vastupanupuurimine. Samuti teostati mittepurustavad uuringud visuaalselt kahjustunud sarikatel.



Joonis 4.1. Mädanikkahjustusega sarikas. (*Allikas: autorite erakogu*)

Jooniselt 4.1 on näha mädanikkahjustusega sarikas, mis tekib siis, kui katuses on läbiviigud, mis lasevad nii vett kui ka lund läbi ja vesi satub hoone konstruktsioonidele. Katuste ebatiheduste tõttu võib vesi sattuda hoone konstruktsioonidesse (katuse-, vahelae-, seinakonstruktsioon), tekitades nii sobiliku keskkonna mädanik- ja hallitusseentele. Kahjustused nõrgestavad puidu füüsikalisi omadusi, kui kahjustusi ei likvideerita, ning need süvenevad ja ühel hetkel ei pruugi enam konstruktsioonide kandevõime olla tagatud.

4.3 Katuskonstruktsioonide niiskussisaldus

Puit on hügrokoopne materjal, ta seob niiskust ümbritsevast keskkonnast. Niiskuse allikad hoonete puhul on näiteks märg pinnas, hoone sisene ja väline suhteline õhuniiskus, niiskete ehitusmaterjalide kasutus, õnnetused seoses veega. Niiskuse kogunemine hoone

osadesse/elementidesse on kahjulik nii inimeste tervisele (soodustab hallituste ja seente teket) kui ka hoone säilimisele. (Wood handbook 2010)

Kõige enam mõjutab puidu kahjustusi just niiskus. Õhukuiva puidu niiskus jääb vahemikku 15-20% ning ruumikuiva puidu niiskus jääb vahemikku 8-12%, nii välditakse puidu kahjustusi (Puiduteadus 2006). Liiga kuiva puidu korral tekivad puitkonstruktsioonidesse praod kuivamiskahanemise tagajärjel. Liiga suur niiskus põhjustab puidus erinevate hallituste ja seente teket.

Hoonete ja ehitusmaterjalidega seoses liigitatakse seened peamiselt materjali värvivateks ja lagundatavateks. Seenid on väga palju erinevaid liike, värvivateks seenteks on näiteks hallitus- ja siniseened, lagundatavateks mädanikseened. Hallitusseente kasvuks optimaalne temperatuur on 20-25°C ning soodne suhteline õhuniiskus 70-100%, siniseentel jääb optimaalne kasvu temperatuur 22-28°C vahele, suhteline õhuniiskus üle 80% ning puidu niiskussisaldus 20-100%. Mädanikseente puhul on kasvuks soodne puidu niiskussisaldus 30-80%, temperatuur 20-27°C ning suhteline õhuniiskus üle 80%. (Maja ja niiskus...2005)

Niiskussisalduse määramine

Antud lõputöös kasutati konstruktsioonide puidu niiskussisalduse määramisel seadet *Brookhuis FME*, mis töötab elektritakistuse põhimõttel. Konstruktsioonide niiskussisaldus määrati visuaalselt kahjustatud kohtades.

Brookhuise FME on mikroprotsessoriga mõõteseade, mis töötab elektritakistuse põhimõttel ning millel on kaabliga ühendatud liughaamriga mõõtepea. Liughaamrit kasutatakse mõõtenõelte sisselöömiseks materjali. Et mõõtetulemuse saaks puidu seest, mitte pinnalt, siis on mõõtenõela pinnad töödeldud elektrit mittejuhtiva kihiga, mõõtetulemuse saab nõelte otse sügavuselt. Erinevate puuliikide mõõtmiseks on võimalik muuta seadistusi. (Handheld moistur...2019) Seadme parameetrid on toodud tabelis 4.1.

Tabel 4.1. Seadme *Brookhuise FME* tehnilised parameetrid (*FMC/FME*...2004)

Puidu mõõtevahemik	5-99%
Mõõte täpsus	0,2%
Resolutsioon	0,1%
Seadme töötemperatuur	0-50°C
Mõõdud	160x85x30mm
Kaal	260g

Elektritakistusel põhineva seadmega mõõdeti erinevate konstruktsioonielementide niiskussisaldus, mõõtmiskohtadeks võeti visuaalselt kahjustunud kohad (resistograafi puurimiskohtade lähedusest). Mõõtmine tehti ~40mm sügavuselt ja niiskussisaldust mõõdeti mitmest erinevast kohast. Puuliik korregeeriti vastavalt seadme kasutusjuhendile ning temperatuuri pärandi valmimisel arvestati õhutemperatuuriga.

4.4 Jääkristlõigete uurimine resistograafia

Resistograafia puurimine oli algselt mõeldud eluspuude seisukorra määramisel, aga antud tehnikat saab väga edukalt kasutada ka puitkonstruktsioonide seisukorra hindamisel. Resistograafia puurimise tehnoloogiat hakati välja töötama 1980-ndate teises pooles Saksamaal. Vastupanu puurimise tehnoloogia põhineb peenikese puuriga (3mm läbimõõduga puuriots) puidu sisse augu puurimisel. Puuri ots on väga väike, et puurimise enda nõrgestav mõju oleks ebaoluline. Puur pöörleb konstantsel kiirusel ning puurimisel uuritakse puidu vastupanu. Tugevama e tihedama puidu korral vajab resistograaf rohkem võimsust ühtlase kiiruse säilitamiseks. (Structural Condition... 2006) Uuemad seadmed salvestavad suurema vastupanu elektrooniliselt ning tekitatakse seos suurema vastupanu ja puurimissügavuse vahel. Vastupanupuurimist loetakse poolpurustavaks puidu seisukorra hindamise meetodiks.

Vastupanupuurimise resultaadiks on puidu vastupanu kujutav graafik, mis sõltub puurimise sügavusest. Tulemuste lahtimõtestamisel tuleb ka puidu eripärast tulenevatele asjaoludele tähelepanu pöörata: 1) sügispuut on tihedam kui kevadpuut, 2) lehtpuidu tihedus on suurem kui okaspuidul, 3) kui puur läbib kevadpuutu tangentsiaalselt, tekivad graafikule pikemad madalad osad, mis ei viita kahjustustele. Lisaks on ka puidu kahjustamise hindamisel resistograafia tähele pandud, et putukakahjustuste korral tekivad graafikule järsud langused, eriti välimistes kihtides; seenkahjustuste korral on graafikult näha ühtlaseid langusi; lõhed, praod ja tühimikud tekitavad graafikule lokaalsed sügavad langused. (Resistographic visualization... 1994)

Resistograafi graafikute analüüsiga saab määrata puidu mehaanilisi omadusi ehk tihedust, kõvadust, tugevusklassi, jääkristlõiget, aga ka biokahjustusi, looduslikke defekte ning nõrgestusi. Resistograafi puudusteks on mõõtmistulemuste lokaalsus, eelisteks on suhteliselt

suured võimalused mõõtmistulemuste analüüsiks. Kuna resistograafiga saab määrata puidu tugevusnäitajaid ning jääkristlõiget, siis saab Eurocode 5 põhjal loodud standardeid ja juhiseid kasutada olemasolevate puittarindite arvutamiseks. (Hoonete biokahjustused 2012)

Resistograafiga mõõtmine

Antud lõputöös kasutati resistograafi visuaalselt kahjustunud puitkonstruktsioonide jääkristlõigete ning laiemalt kahjustuste ulatuse määramisel. Lae talade ja sarikate uurimise aluseks oli see, talvel oli põõningule lund sisse sadanud. Vastupanupuurimine teostati visuaalselt kahjustunud kohas ning laetalade puhul seal, kus oli olnud lumi.

Vastupanupuurimiseks kasutati seadet *Resistograph®4453-P*. Antud seade on valmistatud Saksamaal. See koosneb automaatsest puurimise mõõteseadmest ning sellega juhtme abil ühendatud akust ja juhtseadmest. Juhtseadme küljes on ka printer, mis annab võimaluse puurimise profiili koheseks printimiseks. Puurimise tulemused salvestatakse seadme mälusse ning neid on võimalik hiljem arvutisse laadida ja töödelda tarkvaraga *DECOMTM*. Seade on kujutatud joonisel 4.2.

Seadet on suhteliselt mugav kasutada, aga samas tuleb arvestada kitsaste kohtadega, kus seadme suurus võib saada takistuseks. Seade on kujutatud joonisel 4.2 ning tabelis 4.2 on toodud seadme tehnilised parameetrid.



Joonis 4.2. Vastupanupuurimise seade *Resistograph®4453-P*

Tabel 4.2. Resistograafi tehnilised parameetrid (*Resistograph®4453-P*)

Seade	<i>Resistograph®4453-P</i>
Kaal	4 kg
Puuri mõõdud	90x90x650 mm
Puurimise sügavus	440 mm
Standard aku	172 VAh (~ 100 puurimist)
Mälu	Salvestatakse ~ 500 puurimise profiili

Seadet on suhteliselt mugav kasutada, aga samas tuleb arvestada kitsaste kohtadega, kus seadme suurus võib saada takistuseks, tabelis 4.2 on toodud seadme tehnilised parameetrid.

4.5 Tulemus

Resistograafiga teostati mõõtmised seitsmes kohas, mis valiti välja visuaalse hindamise järgi, ning laetalade puhul valiti talad, mis olid talvisel vaatlusel lumega kaetud. Niiskussisaldust mõõdeti vastupanupuurimise koha lähedusest kolmest kohast. Elektritakistuse mõõtmise põhimõttel töötava niiskusemõõtjaga *Brookhuis FME* saadud tulemused jäid vahemikku 10,7-17,8%. Mõõtmiste ajal oli õhutemperatuur ~12°C, suhtelist õhuniiskust ei määratud.

Sarikate niiskus jäi vahemikku 14,2-17,7%, antud niiskussisaldus mahub õhukuiva puidu niiskussisalduse piiridesse, milleks on 15-20%. Laetalade puhul jäi puidu niiskus vahemikku 9,3-12,5%, mis jääb juba ruumikuiva niiskussisalduse vahemikku, milleks on 8-12%.

Vastupanupuurimised ja niiskussisalduse määramised tehti samaaegselt ning puurimiskoha lähedusest määrati kolmes kohas sarika/tala niiskussisaldus. Tabelis 4.3 on toodud puurimise number, ristlõike kahjustatud osa protsentuaalselt ning keskmine niiskussisaldus. Puurimiskohad ja profiilid on toodud lisas 4.

Tabel 4.3. Uuritud elementide kahjustuse ulatus ja niiskussisaldus.

Puurimise nr.	Kahjustuse ulatus ristlõikes, %	Keskmine niiskussisaldus, %
88 (sarikas)	5,3	15,2
89 (sarikas)	2,7	14,7
91 (sarikas)	0	16,3
92 (sarikas)	5,1	17,0
94 (lae tala)	0	10,9
95 (lae tala)	0	12,2
96 (lae tala)	0	9,8

Puurimistulemustest on näha, et visuaalselt kahjustunud seitsmes kohas, kus teostati puurimine on kahjustuste ulatus kolme puurimise puhul minimaalne ning puurimisprofiilidelt on näha, et need kahjustused on pinnapealsed. Neljal valitud puurimiskohal puudus kahjustus üldse.

Mittepurustavate uurimiste rakendamise käigus saavutati näitajad, et pindmised kahjustused ei ole süvakahjustused ning vaadeldavate konstruktsioonide valdavad põhiomadused on säilinud ning kandevõime tagatud. Seda näitasid nii elektritakistuse põhimõttel mõõdetud elementide niiskussisaldus kui ka resistograafiga mõõdetud kahjustuste ulatus. Sellest tulenevalt renoveerimise käigus ei ole vajalik katusekonstruktsioone proteesida või välja vahetada. Aga vältimaks edaspidiste niiskuskahjustuste teket, tuleb katuse läbiviigud ära parandada, et oleks takistatud vee ja lume pääsemine hoone konstruktsioonide vahele.

5. ELUHOONE RENOVEERIMINE

5.1 Renoveerimise kulukus

Hoone ehitustehnilisest seisukorrast sõltub renoveerimise kulukus kõige rohkem. Ebarahuldava tehnilise seisukorraga hoone renoveerimine võib olla palju kallim, võrreldes hea tehnilise seisukorraga hoonega. Järjepidev ja teadlik hoone hooldus ning ehitusaegne kvaliteet mõjutavad omakorda hoone tehnilist seisukorda, tähtsamate hoone konstruktsioonide, milleks on vundament, kandvad konstruktsioonid ning katuse konstruktsioon, ebarahuldav seiskord teeb ka hoone renoveerimise oluliselt kulukamaks, kuna nende elementide rekonstrueerimine on tavaliselt suuremahuline, aeganõudev ning ehitustehniliselt keeruline.

Kõige enam mõjutab hoone tehnilist seisukorda selle katuse olukord, katuse lekkides võib avalduda mitmeid probleeme, näiteks hallitus ja pidev niiskus nii katuse- kui ka seinte- ja vahelaekonstruktsioonis. Nii katusekatte kui ka katuse konstruktsioonide vahetus on kulukas ning suuremahuline ehitustehnoloogiline protsess. Nendel juhtudel, kui selle teostamine muutub hädavajalikuks, siis on otstarbekas, seda tuleviku perspektiive arvestades investeerida koheselt korraliku ja nõutele vastavasse katuse katte materjali, vajadusel ka konstruktsioonidesse ning kaasata ka ehitustöödele piisavalt asjatundlik ehitusettevõtja.

Kui katusekate on nii halvas seisus, et see tuleb välja vahetada, siis on otstarbekas välja vahetada ka katuslae või pööninglae soojustus, arvestades katusekatte vahetamise tehnoloogilisi iseärasusi ning suure tõenäosusega on katuse läbiviikude tõttu ka soojustus kahjustunud. Katuslae või pööninglae soojustamine või lisasoojustamine mõjutab märgatavalt ka hoone energiatõhusust.

Hoone peamiseks kandekonstruktsiooniks peale vundamendi on kandvad palkseinad mis moodustavad põhikandekonstruktsioonid. Sagedasemad vead, mis esinevad seintes on ehitusvead, konstruktsioonidesse pääsenud vesi ja bioloogilised kahjustused. Peamiseks kahjustuste allikaks palkseinte puhul on niiskus. Seinte puhul on kahjustusi keeruline

märgata, kuna seina konstruktsioonid on üldjuhul suletud. Selle tõttu tuvastatakse seinte kahjustused tavaliselt hilinemisega, kahjustustele võivad viidata näiteks vajumised.

Palkseinte ehitustavas eelistatakse pikki ja sirgeid okaspuupalke. Vanemate taluhoonete seinu ei soojustatud, aga palkide vahed tihendati, et suurendada õhupidavust. Soojustuse puudumine on peamiseks põhjuseks, miks vanemate hoonete kütteenergia kulu on suur. Lisasoojustust võib puitseinale paigaldada väljapoole, rikkumata selle soojus- ja niiskusrežiimi. Seespoolse ja väljaspoolse lisasoojustusega palkseina niiskusrežiimid erinevad märkimisväärselt üksteisest, seespoolse soojustamisega võib veeaur hakata kondenseeruma palk seina sisepinnale (Vana maamaja...2012). Koos lisasoojustamisega tuleb tihendada ka palkide vahelised ebatihedused niimoodi vähendatakse hoone õhulekkeid.

Palkseintega hoone soojustamise või lisasoojustamise käigus tuleb hoonel eemaldada välisvooder, selle tõttu vahetatakse tavaliselt vana hoone puhul välisvooder välja, andes sellega ehitisele ilusam välimus. Võttes arvesse kõiki töid, mis kaasnevad hoone lisasoojustamisega on esmane investeering hoone soojustamisel küllaltki mahukas. Lisasoojustamine koos õige ventilatsioonisüsteemiga ning kütteseadmete parandamise aitab kaasa ka eluruumide sisekliima parendamisele ning inimeste mugavusele.

Fassaadi renoveerimise ja soojustamise käigus on otstarbekas üle kontrollida ka avatäited e aknad ja ukSED. Kõigepealt tuleks mõelda akende ja uste renoveerimisele ja korrastamisele kuna vanad aknad ilmestavad hoonet ja toovad esile ajastu stiili. Kui aknad on halvas seisukorras, siis tuleb need välja vahetada uute vastu, jälgides, et uued aknad oleksid sarnased algsetele akendele, jälgides ajastu stiili.

Vanade ustega on sarnaselt vanadele akendele probleem soojapidavuses, õhutiheduses, turvalisuses ja tulekindluses. Üldiselt on vanad ukSED deformeerunud ning aja jooksul kahjustada saanud. Võimaluse korral tuleks vanad ukSED korrastada ja selle vea parandada. Kui vana uks on liiga kahjustatud, et selle kordategemine ei ole otstarbekas, siis tuleks uus uks vanale hoonel tellida nii, et see arvestaks ka vana hoone arhitektuuriga.

Avatäiteid korrastades/vahetades ja eluhoonet korralikult, vastavalt tänapäevastele nõuetele soojustades tuleb kindlasti mõelda enne renoveerimist ka hoone ventilatsioonisüsteemi kaasajastamisele. Olemasolev ventilatsioonisüsteem e loomulik ventilatsioon on otstarbekas vahetada uue soojustagastusega ventilatsioonisüsteemi vastu, soojustagastusega

ventilatsioon võimaldab lisaks sisekliima parandamisele ka küttekulude kokkuhoidu ja teatud perioodi möödudes tasub investeering end ära.

Ehitiste üks tähtsamaid osasid on vundament. Vanemate hoonete puhul on oluliselt keerulisim korrastada lagunenud või osaliselt puudulikku vundamenti, vundamendi renoveerimist saab teostada lühikeste lõikude kaupa. Samuti tuleb kõrval olevad vundamendiosad ning sinna toetuvad seinad renoveerimistööde ajaks toetada tugelega, et vältida võimalikke vajumisi.

Põhilised probleemid, mis võivad vundamendile mõjuda kahjustavalt, on esiteks tarindi aluspõhja ebastabiilsus, mis väljendub kandevõime ja mõjuvate koormuste puudulikkusest koostööst, tekitades vundamendis pragusid ja deformatsioone. Teiseks, keemiliste ja füüsiliste faktorid, mis tekitavad korrosiooni pinnases sisalduvate niiskuse, soolade ja temperatuurimuutuste koosmõjul. Kolmandaks, vundamendis endas oleva vee mõjul tekkivad kahjustused, kuna külmudes vee maht suureneb.

Vanade hoonete vundamendid on enamikul juhtudel kahjustunud erinevatel põhjustel ning nende põhjustega tuleb arvestada tehnilise seisukorra hindamisel kui ka renoveerimiskava koostamisel. Vundamendi tugevdamisel tuleb parandada selles olevad praod näiteks injekteerimisega, vajadusel tuleb vundamenti laiendada ja aluspinda tugevdada. Vundament tuleb soojustada, kui vundament ei ole rajatud allapoole külmumispiiri, siis on otstarbekas paigaldada ka külmakerkesoojustus.

Kandekonstruksioonide, vundament, seinad, vahelaed, katus, osatähtsus hoone tehnilises seisukorras ja seega ka renoveerimise maksumuse kujunemisel on väga suur. Üldjuhul on kandekonstruksioonide renoveerimine keeruline ehitustehnoloogilisest aspektist, suuremahuline ning seega ka kallis protsess, aga hoone säilimise ja tervisliku sisekliima poolest väga oluline. Väiksema osakaaluga on näiteks sisetarindid, trepp, aknad ja uksed. Nende korrast äraolek ei mõjuta hoone säilimist nii palju, kui mõjutab seda kandekonstruksioonide korrasolek ja toimimine.

Vanemate ehitiste renoveerimisel ja rekonstrueerimisel esineb selliseid töid, mida ei saa ka kõige parema ehitusprojektiga määrata, mille olemus ja vajadus selgub alles konstruksioone avades. Selle tõttu on otstarbekas juba renoveerimise eelarvet koostades ja hinnapakkumisi küsides arvestada, et suure tõenäosusega läheb renoveerimine kallimaks kui hinnapakkumistes välja toodud.

Selle tõttu luuakse juurde veel kaks kulurühma: tellija reserv ja lisakulud. Tellija reservi eest tasutakse selliste tööde eest nagu näiteks juurde tulevad tööd, mahtude suurenemisest tulenevad tööd ning asendatud tööd, juhul kui asendatud töö on kallim. Tellija reserviks on arvestatud 10% kogu hinnast. Lisakulud on mõeldud näiteks prügi äravedu, ajutine wc jms. Lisakuludeks on arvestatud 7% kogumaksumusest.

5.2 Renoveerimislahendused

Hoone pikaajaliseks säilimiseks tuleb seda aeg-ajalt korralikult hooldada. Puithooneid on mõistlik korraliselt hooldada minimaalselt kaks korda aastas: kevadel pärast lume sulamist, et avastada võimalikke talviseid kahjustusi, ja sügisel pärast lehtede langemist, et kontrollida, kas hoone on talve tulekuks valmis.

Vanemate maamajade renoveerimisel on mitmeid lahendusi ja ainuõiget lahendust alati ei ole, sest igal lahendusel on oma riskid, millega tuleb arvestada. Järgnevalt on esitatud mõnede tarindite renoveerimislahenduste põhimõttelised lahendused, mis on esitatud ühe tarindiosa kohta, et tuua selgemini välja konkreetse tarindi renoveerimislahendus. Neid ei tule käsitleda konkreetsete tööjoonistena, vaid põhimõtteliste renoveerimisideedena autorite poolt. Renoveerimislahenduste joonised on toodud lisa 5.

Vundamendi lahendus

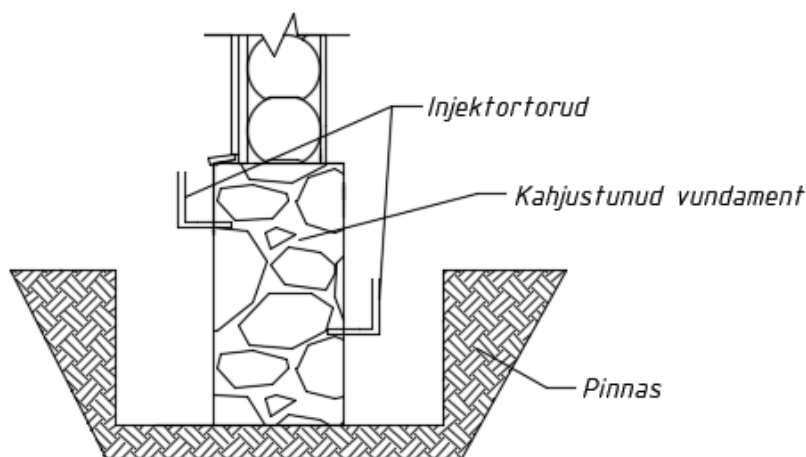
Vundament ja sokkel on hoone põhilisi tarindeid, sest nende kahjustused – purunemine või ulatuslikud deformatsioonid – kanduvad edasi kandeseintele, vahelagedele ja isegi katuse kandetarinditele.

Peamisteks murekohtadeks uurimise all oleval hoonel on vundamendi vajumine/lagunemine ja esimeste palgiridade mädanemine. Vundamendile toetuva esimeste palgiridade mädanemine oli omakorda põhjustatud puuduvast hüdroisolatsioonist vundamendi ja esimese palgirea vahel või sademetest. Vundamendi pragude tekkel võib olla mitmeid põhjuseid: maapinna vajumine, sideaineta laotud vundament, külmumisest põhjustatud lagunemine, silluse puudumine hoone perimeetril või ebapiisav kaitse vee eest. Selle tulemusena võivad kaldu vajuda põrandad ja avatäited, suurenevad niiskuskahjustused ja palkide vahelised praod ning halveneb ka hoone välimus.

Hoone kõikidel külgedel leidis vundamendis defekte ja vundamenti tuleks tugevdada tsementimisega injektortoru kaudu. Ümber hoone perimeetri tuleb vundament soojustada ja rajada sillutisriba sademevee ärajuhtimiseks. Soojustada tuleb vahtpolüstüreen EPS 120 100mm plaadiga, mis tuleks maapealse osa pealt krohvimati peale krohvida ja värvida.

Olukorra stabiliseerimiseks on otstarbekas kindlustada vundament järgnevalt (Vana maamaja... 2012):

- paigaldada vundamenti läbivad ankrud,
- praod puhastada nakke kaotanud segust ja muust võõrmaterjalist nõrga surveveega,
- pragude välispind sulgeda eelnevalt seguga ja vuukidesse sammuga 600mm, paigaldada torud segu sissepumpamiseks,
- täita praod uue seguga (injitseerimisega), mille koostis peab sobima algse seguga, näiteks lubimördi puhul ei tohi kasutada tsementsegusid.



Joonis 5.1. Vundamendi tugevdamine injitseerimisega. (Allikas: autorite erakogu)

Samal ajal tuleb hoonet ümbritseva pinnase planeerimise käigus vältida selle suhtelise kõrguse muutmist täitepinnase lisamisel. Sademevete ärajuhtimiseks tuleb rajada vundamendi äärde ca 800mm laiune sillutisriba, mis on 5% kaldega hoonest eemale suunatud. Pidevalt tuleb hooldada ja uuendada ka vihmaveesüsteemi, et oleks tagatud vee äravool hoonest eemale, immutades selle pinnasesse või drenaažisüsteemi. Jälgida tuleb ka seda, et sademevesi ei koguneks hoone ümbruses, vaid see tuleb suunata kaldega kaugemale ja võimalusel rajada killustikust imbkiht 700-1000mm. Soovitav on ka soklikrohvi alumine serv jätta maapinnast või sillutisribast 50-60mm kõrguselt vabaks, et müüriniiskus eralduks võimalikult kiiresti.

Antud hoone vundament ei ole rajatud külmumissügavusest allapoole ja selle tõttu lagundavad iga-aastased külmakerked ja vajumised kivivundamenti. Selle jaoks tuleb paigaldada vundamendile külmakerke soojustus vahtpolüstüreen XPS vähemalt 400mm pikkuselt vundamendi madalaimast punktist edasi, et tagada soojustus külmumispiirini 1200mm peale, kuna vundamendi sügavus oli 800mm.

Hoonel on ehituse ajal hüdroisolatsioonina kasutatud kasetohtu esimese rea palgi ja vundamendi vahel, kuid nüüdseks ei ole sellest enam midagi alles. Palki ei tohi toetada vundamendile ilma hüdroisolatsioonita. Vundamendi ülemisele kihile tuleb paigaldada hüdroisolatsioon, et takistada niiskuse pääsemist puiduni (veetihedad kummibituumeni põhised rullmaterjalid, bituumen baasil ühe- või kahekomponentsed võõpmaterjalid, polümeersed tsemendipühised hüdroisoleerkatted vms) saab lisada esimese rea palkide vahetuse käigus või kui palgid on veel heas seisus, siis aitab oluliselt ka korraliku veelaua paigaldamine vundamendi serva kohale. Lisaks hüdroisolatsiooni puudumisele oli hoonel kohati vundamendi veelaud mädanenud või puudulik ja selle tõttu märguvad alumised palgi read (joonis 5.2). Kui puidust veelaud on korralikult paigaldatud, siis vihmavesi vundamendini ei jõua ja vundamendi niiskus saab kergelt välja kuivada.



Joonis 5.2. Alumise palgi märgumise põhjused (Maaelamute sisekliima... 2011)

Töö autorid toovad alloleva joonisega välja vundamendi renoveerimislahenduse (joonis 5.4) ja võrdluseks renoveerimiseelse vundamendi variandi (joonis 5.3).

Välisseinte lahendus

Hoone välisvooder vajab välja vahetamist ja on väga soovitatav kaaluda koos välisvoodri vahetusega paigaldada välisseintele ka lisasoojustus. Lisasoojustamise korral tuleb hoolikalt läbi mõelda seina liitumine teiste ehitusosadega: akendega, sokliga, räästaga, et ei tekiks vastuolu hoone esialgse arhitektuurse välisilmega. Hoolika projekteerimise ja ehitamise korral on võimalik ka lisasoojustamise korral vältida hoone välisilme kahjustumist ja esialgse miljööväärtuse kadumist. Soojustus tuleb paigaldada seinale kinnitatud roovide vahele. Kuigi hoone on ehitatud 1910. aastal ja seinte vajumine renoveerimise ajaks lõppenud, on soovitatav jälgida, et roovid võimaldaksid palkseina kõrguste muutusi. Roovide omavaheline samm peab olema ca 10mm kitsam soojustusplaadi laiupest, sest siis liibub soojustus tihedalt vastu roove.

Selleks, et pärast renoveerimist ei tekiks majas seen- või mädanikkahjustusi, tuleb seda teha korrektselt ja ettevaatlikult. Kui ei olda kindel, kas variant, mis maja soojustamiseks valiti on õige, siis on alati hea küsida nõu spetsialistilt.

Palkmaja seinte soojustamist on parem teha väljastpoolt, kuna seestpoolt soojustades on suurem oht, et veeaur kondenseerub palgi sisepinnale. Õige lahendusega on võimalik seestpoolt soojustades veeauru kondenseerumist vähendada, kui seespoolse lisasoojustuse paksus on õhem kui 50mm. Teisalt aga seespoolse soojustuse puhul jäävad ruumid soojustuse kihi tõttu väiksemaks ja niiskustehniliselt turvalise lahenduse tagamiseks tuleb siseõhu niiskust vähendada, s.t et hoones peab olema toimiv ventilatsioon.

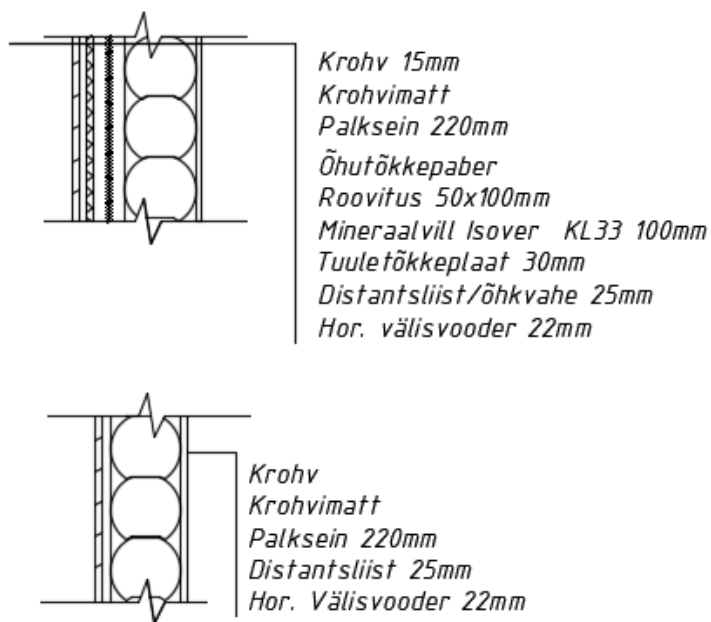
Enne maja soojustamist tuleb arvestada sellega, et hoone välimus võib drastiliselt muutuda pärast soojustamist, vale soojustuse paksuse korral võib maja lõppvälimus paista väga kummaline. Samuti tuleks arvestada sellega, et väljapoole soojustuse lisamisel jäävad aknad auku, mille tõttu võib hoone kaotada oma autentse välimuse. Kas tõsta aknad-uksed maja välisvoodriga ühte tasapinda, seda otsustab maja omanik. Paljud peavad sellist varianti ilusamaks.

Tuuletõkkeplaadiks on soovitatav kasutada mineraalvillast tuuletõkkeplaati, millised on suurema soojustakistuse ja veeaurujuhtivusega ning aitavad parandada välisseina soojus- ja niiskustehnilist toimivust. Kokkuvõttes võib soojustuse paksuseks tulla 130mm, millele lisandub õhutusvahe ja välisvooder. Palkseina läbipuhutavuse vähendamiseks tuleb palkide vahed hoolikalt tihendada ja toppida. Läbipuhutavuse vähendamiseks seintes on soojustuse

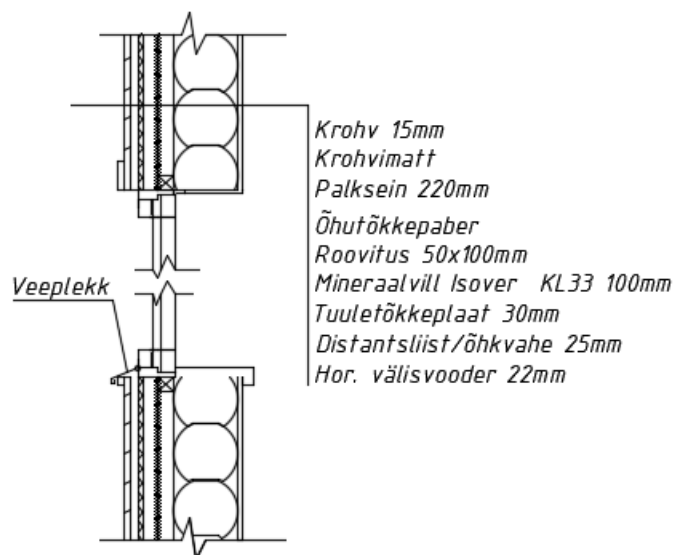
ja palkseina vahele hea paigaldada õhutõkkepaber. Tuuletõkkeplaatide omavahelised liitekohad ja liitekohad akende, katusega, sokliga jne peavad olema õhutihedad. Esialgse arhitektuurse ilme säilitamiseks on üldjuhul vajalik sellise lisasoojustuse paksuse korral nihutada ka aknad väljapoole.

Kuna antud hoonel on aknaraamid ka tenderpostideks, tuleb need alles jätta või paigaldada uued. Tenderpostide ülesanne on palgiotsi siduda ja seina tugevdada. Tenderposti puudumise tõttu võib sein vajuda kõveraks. Sõltuvalt antud hoone ava kõrgusest peaks kasutama T-tenderposte ($h > 1$ m.) (joonis 5.7). (Maaelamute sisekliima... 2011)

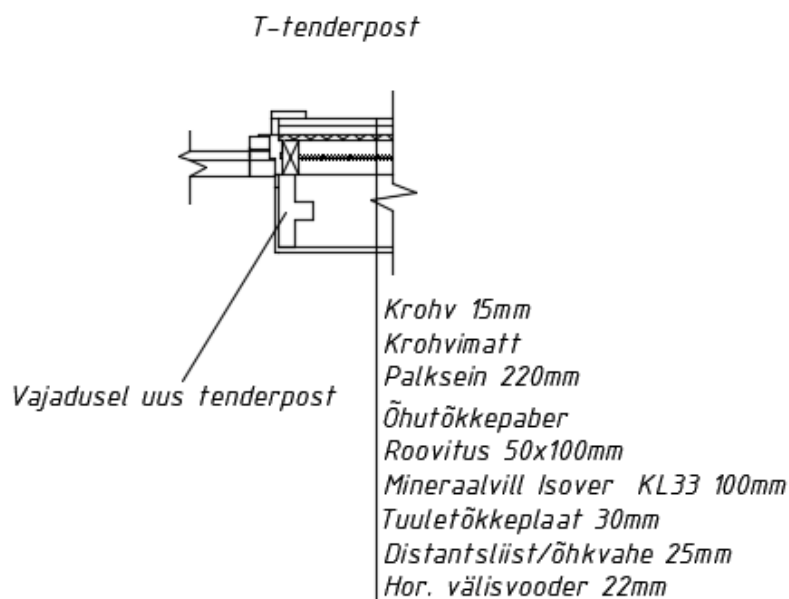
Töö autorid toovad allolevate joonistega välja välisseina soojustamise variandi. Joonis 5.5 esitab välisseinte lisasoojustamise lahenduse 100mm paksuse soojustuskihiga ja 30mm paksuse tuuletõkkeplaadiga ning võrdluseks on renoveerimiseelne lahendus. Üldjuhul ei ole sellise lisasoojustuse paksuse korral võimalik jätta aknaraame oma esialgsesse (ehitusjärgsesse) asukohta alles, seda tulenevalt asjaolust, et seina paksus kasvab oluliselt.



Joonis 5.5. Renoveerimisjärgne välisseina konstruktsioon (üleval) ja renoveerimiseelne välisseina konstruktsioon (all). (Allikas: autorite erakogu)



Joonis 5.6. Välisseinte lisasoojustamine aknasõlmes 100mm mineraalvillaga + 30mm tuuletõkkeplaadiga. (Allikas: autorite erakogu)



Joonis 5.7. Palgiotste sidumine akna juures. (Allikas: autorite erakogu)

Siseseinte lahendus

Siseseinad on kaetud lubikrohviga pilliroomatil, kuid mitmes kohas on krohv maha koorunud ja vajab parandusi. Samuti tekib alumiste palgiridade vahetusega kahjustusi krohvitud seintesse ja selle tõttu on vaja ette võtta suuremad parandustööd seintes.

Krohvimise puhul on tähtis õige eeltöö, millest sõltub krohvi püsima jäämine pinnale. Suuremate tühimike ja eendumiste vältimiseks tuleb pinda tasandada. Puitpindade nakkuvuse kindlustamiseks tuleb kasutada krohvi alusmatte. Nakkuvuse parandamiseks

täksiti vanasti palkseinu kirvega ja löödi seinu puidust tikke. Tänapäeval on olemas teras- ja plastikvõrgud, kuid vana hoone renoveerimisel oleks õige kasutada samasuguseid materjale, millega on seinad juba tehtud ehk pilliroomatti ja lubikrohvi. Nurkade, jätku- ja üleminekukohtade paremaks sidumiseks on otstarbekas kasutada lisasarrust: džuudivõrku või hõredat linast kotiriiet; kasutatakse ka hõredat plast- terasvõrku. Kui pilliroomatid on õigesti paigaldatud ja krohvitud, siis parandab see ka ruumide soojus- ja heliisolatsiooni. Krohvimiseks sobib hästi kevadine või sügisene aeg, mil välistemperatuur on vähemalt 15°C, kuid tuleks tagada ka korralik õhuvahetus, et vesi väljakuivaks. Märja mürdiga krohvimine talvel võib põhjustada niiskuse kogunemise seintesse ja tekib hallitus- ning seenkahjustuste oht. Suvel seevastu võib liigne kuumus krohvi kuivamist ja kivistumist rikkuda. Puitseinu krohvimisel visatakse matile kaks kihti. Sisesevisekihi mört peab mativahed täitma täielikult ja jääb pealt krobeline, aga pealmine silumiskiht hõõrutakse siledaks. (Vana maamaja...2012)

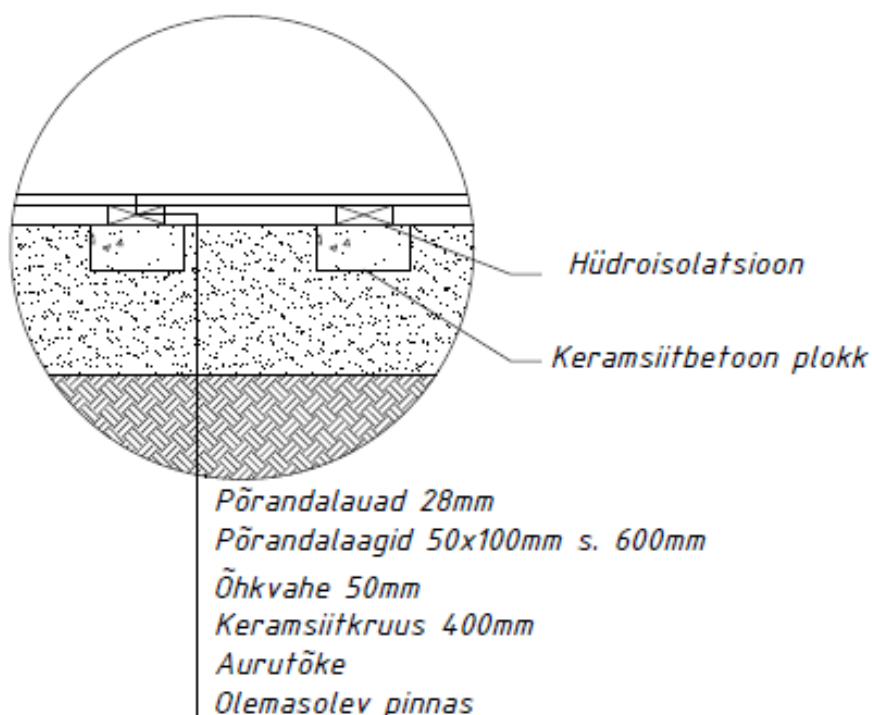
Põrandate lahendus

Esimese korruse põrandate lahendused ja probleemid võivad olla väga erinevad. Seetõttu on raske anda nendele üheselt sobivat renoveerimislahendust. Alati tuleb lähtuda probleemi või kahjustuse põhjusest ja see likvideerida. Vastasel korral, kui ainult tagajärgedega võidelda, tuleb probleem või kahjustus uuesti. Tähtis on hoida pinnasevee tase piisavalt kaugel põrandast ja vundamendist, seetõtt tuleb paigaldada hoone ümber drenaažisüsteem. See võimaldab koguda pinnases liikuvat vett ja juhtida see vundamendist eemale ning katkestada vee kapillaarne tõus. Drenaaž tuleb rajada topelt seinaga gofreeritud plasttorudest läbimõõduga 110/95mm, mille seinad on pilutatud. Drenaažitoru kõrgeim koht peab olema alati põranda alusest madalamal vähemalt 400mm ja madalamal kui vundamendi põhi. Drenaažitoru paigaldus või soojustus peab tagama, et torustik oleks külmumispiirist kindlasti allpool ja drenaažitorustiku alla tihendatakse vähemalt 100mm paksune ühtlase kaldega kruusa või killustiku alus. Hoonevälise drenaažitoru miinimumkalle on $i = 0,5\%$ (viis millimeetrit kallet ühe meetri toru pikkuse kohta) ja hoonealuse torustiku miinimumkalle on $i=0,8\%$. Drenaažitoru kaetakse pealt vähemalt 20mm ja külgedelt vähemalt 100mm paksuse dreniiva peenkillustiku või kergkruusa kihiga (8-16mm). Drenaažitoru mähitakse filterkangasse või kaetakse kangaga kogu toru ümbritsev dreniiv pinnas. Drenaažitorustiku vähemalt igasse teise pöördepunkti peab paigaldama drenaažikaevud, mille kaudu saab torustikku puhastada ja millesse settib ka torusse sattunud liiv ja muu sete. Drenaažitorustikku ei tohi juhtida katuse sadevett ega pinnavett maapinnalt,

sest vastasel juhul võib hakata katuselt kokku kogutav vesi või pinnavesi niisutama vundamenti. Drenaaži rajamisel tuleb kindlasti tähelepanu pöörata killustiku ja drenaažitoru filterkangaga katmisele ja tagasitäite tihendamisele. Vastasel korral võib voolav vesi hakata pinnast ära uhtuma ja vundamendi ümber olev pinnas võib vajuma hakata. Drenaaži rajamise korral peab olema ka koht pinnasevete ärajuhtimiseks (veekogu, kraav vms). (Maaelamute sisekliima... 2011)

Autorite pakutud põranda renoveerimislahenduse variant on põrandaaluse soojustamine keramsiitkruusaga ja laagidele toetatud laudpõranda ehitus (joonis 5.8). Keramsiitkruusast soojustuse vajalik paksus on $> 300\text{mm}$. Põrandalaagid toetatakse keramsiitplokkidele, mis paiknevad soojustuse sees. Keramsiitplokkide ja laagide vahel peab olema hüdroisolatsioon. Külmasilla võimaluse vähendamiseks tuleb keramsiitkruusast soojustuse kiht paigaldada kuni vundamendi ülemise piirini. Keramsiitkruusaga soojustatud ja laagidele toetatud laudpõranda riskikohaks on maapinna võimalike gaaside, mikroobide ja muu sellise liikumine siseruumidesse, kuna pinnas ei ole siseruumidest eraldatud.

Järgnevalt on autorite poolt toodud esimese korruse põranda renoveerimiseelne lahendus ja renoveerimisjärgne variant (joonis 5.8).



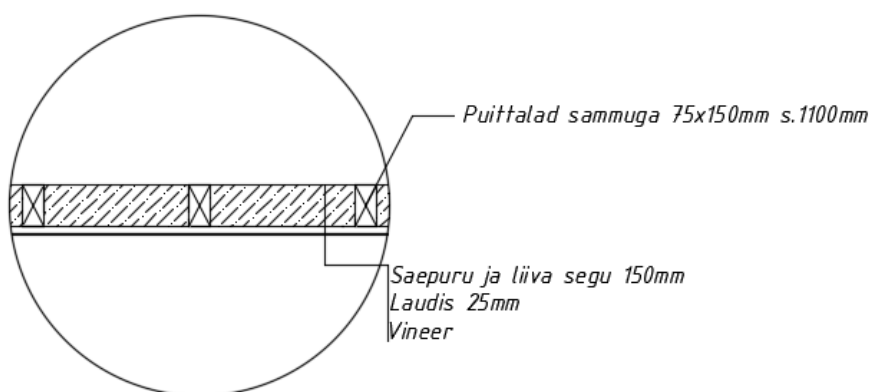
Joonis 5.8. Põrandaaluse soojustamine keramsiitkruusaga ja laagidele toetatud laudpõranda ehitus. (Allikas: autorite erakogu)

Pööningu vahelae lahendus

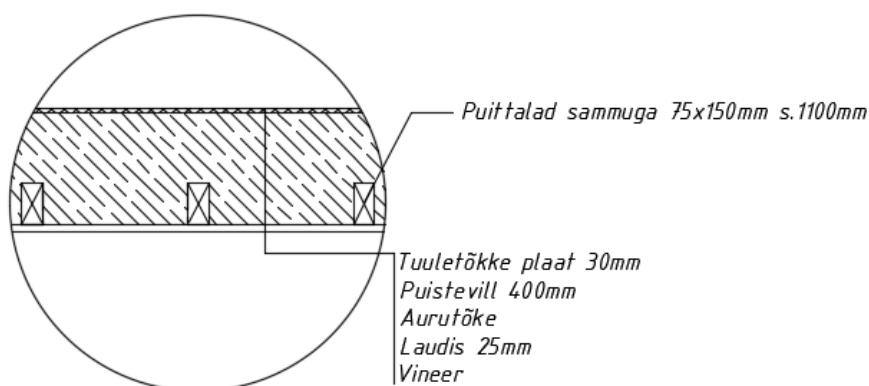
Pööningu vahelagi on teise korruse köetavate siseruumide piirdeks. Kuna pööningu vahelaetalade vahed on ehitusjärgselt täidetud liiva ja saepuru seguga, ei ole vahelae soojustakistus suur ja lisaks sellele on katusealune kütmata ruum ning seetõttu tuleb tähelepanu pöörata ka õhu- ja soojapidavusele. Kuna pööningu vahelae soojustamine ei nõua täiendavaid tarindimuutusi, võib soojustuse paksus olla 400mm. Talade vaheline vana täide (liiv, saepuru) tuleb eemaldada, sest siis saab tõhusamat soojustust paigaldada rohkem. Samuti tuleb rajada ka käiguteed korstna juurde ja teistesse liikumispiirkondadesse, et soojustust ära ei tallataks.

Järgnevalt on autorite poolt välja toodud pööningu vahelae lisasoojustamine ilma laelaudist eemaldamata (joonis 5.9). Kuna laelaudist ei eemaldata, tuleb õhu ja aurutõke paigaldada laetalade vahele, muldlaelaudise peale.

Pööningu vahelae renoveerimiseelne olukord



Pööningu vahelae renoveerimisjärgne lahendus



Joonis 5.9. Pööningu vahelae lisasoojustamine olemasoleva laelaudise säilimisel. (Allikas: autorite erakogu)

Katuse lahendus

Katusekatte peamine ülesanne on kaitsta hoonet sademete (vihm, lumi, rahe jne) eest. Katusekatte lekkimine on üheks peamiseks põhjuseks vanemate hoonete lagunemisel. Sõltuvalt katusekatte materjalist on nende kestvus erinev. Katusekatte veepidavust ja kestvust mõjutavad lisaks materjali enese omadustele veel ehitustöö kvaliteet, kliimamõjud ja hooldustingimused. Katusekatte ennetav remont või vahetus võib olla vajalik hoone üldise kestvuse seisukohalt ja ei ole õige oodata, kuni katus hakkab läbi tilkuma. Hooldusele tuleb mõelda iga aasta ja katusekatte vahetusele ning põhjalikumale remondile tuleb mõelda, kui katuse oodatav kasutusiga hakkab lähenema lõpule. Vana maamaja katusekatte vahetuse korral tuleb eelistada elamu ehitusjärgset katusekatet ja vältida mittesobivaid imitatsioonmaterjale. (Maaelamute sisekliima...2011)

Korstna läbiminekul katusest leidus auke ja vahesid, kust vihmavesi sisse saab. Halb on see sellepärast, et vesi, mis voolab mööda korstnat alla, võib kahjustada tellistevahelist segu. Niiskuse käes seistes kaotab segu oma nakkeomadused ja selle tõttu kaob tellistevaheline side. Lisaks oli sisse pääsev vesi kahjustanud ka katuse sarikaid ja roove. Uuringute käigus selgus, et katusekonstruktsioonide kahjustused on pinnapealsed ja neid ei pea renoveerima. Kuid korda tuleb teha katuse läbiviigud, et vesi ega lumi ei pääseks enam pööningule, samuti ka korstna läbiviigu ümbrus tuleb korda teha ja seejärel katta plekiga.

Trepi lahendus

Trepi kuivades on hakanud trepiastmed nagisema ja seda saab eemaldada kahel lihtsalt viisil. Esmalt tuleb määrada liitekohti, et hõõrdumist kuulda ei oleks ja seejärel tuleb kinnitada detailid tugevasti üksteise külge. Trepile pääseb alt poolt ligi ja tänu sellele on võimalus tõsta varvaslaudu (nt tungrauaga) või kangutada kiiludega ja suruda need korralikult soontesse. Esmalt peab vanad naelad läbi saagima või eemaldama, seejärel kinnitama varvaslaudade alumised servad kruvidega.

Kulunud ja vajunud astmete renoveerimiseks on võimalus neid proteesida. Kulunud astmelauda tuleb lõigata proteesi pesa kopeerrõngaga käsifreesiga paksemast vineerist valmistatud šablooni abil. Protees paigaldatakse täpselt pessa ja liimitakse oma kohale. Liimi kivistumiseni survestatakse proteesi pitskruvidega ja liigne puit eemaldatakse hiljem hõõveldamisega.

Käsipuu korrastamise jaoks tuleb kulunud keermeavadesse liimida jämedamad tüüblid ja kinni kruvida.

Avatäidete lahendus

Akende vahetus on pererahval juba pikemat aega plaanis ja aknadki olemas ning sellest tulenevalt autorid enam lahendust pakkuda ei saa.

Vanale majale ei sobi enamasti tänapäevased standardsed, masstoodanguna valminud ukсед ja sellepärast peaks praegused kahjustunud ukсед säilitama ja korrastama. Sisemised tahveluksed, mis koosnevad raampuidust ja tahvlitest, on hea kvaliteediga ja tuleb restaureerida. Kuna ustes esinesid mõned praod, siis selleks tuleb kõigepealt eemaldada vana värv, et siis ukseks olevad praod kittida, suuremate pragude täitmiseks läheb vaja puidust pilpaid, mis niiskuskindla liimiga kinnitada ja hiljem tasaseks lihvida. Peale seda saab ukсед uuesti viimistleda.

Välisukse laudisel esines mädanikkahjustusi, aga raam oli terve. Need ukсед sobivad ilmekalt hoonega kokku ja tuleks samuti restaureerida. Profileeritud laudise peab ukseraamilt eemaldama ja koos välisvoodri paigaldusega katma ukseraami uue laudisega.

Küttesüsteemi lahendus

Peale puuküttega küttesüsteemide on ka palju erinevaid alternatiive, mis võivad olla efektiivsemad, kuid võivad nõuda ligipääsu mingile kütusele, mis ei ole kättesaadavad üle Eesti. Samuti võib uue küttesüsteemi paigaldamine ja hooldus minna maksma kallimaks kui olemasoleva renoveerimine ning kaasa tuua ka teiste tehnosüsteemide väljavahetamise. Seega on autorid seisukohal, et praegused küttesüsteemid tuleb korrastada ja uusi ei ole vaja.

Küttesüsteemi uuendamine on protsess, mida tuleb hoolikalt planeerida. Arvesse tuleb võtta nii rajamis- kui ka hoolduskulud, energiaallika kättesaadavus, igapäevase aja- ja tööjõukulu, keskkonnamõju jne. Püsiva kasutuse korral tagab enamikul juhtudel hoone vajaliku soojusvarustuse korralik ahi, mis piisava massiivsuse korral hoiab ruumitemperatuuri ühtlasena. Ahi ei vaja elektrit ja on seega turvaline kütteallikas maapiirkonnas asuvatele elamutele, kuid vajab siiski inimese juuresolekut. Ahikütte tõhususest rääkides on oluline märksõna ahju efektiivsus, mille võti on puitmaterjali kiire põlemine väga kõrgetel temperatuuridel. Sellepärast on autorid valinud küttesüsteemide renoveerimise, mitte uue küttesüsteemi paigalduse.

Puidu kütteväärtus oleneb muidugi puuliigi tihedusest ja puidu niiskusest. Põletatav puit peab olema kuiv, sest puidus olev niiskus vähendab oluliselt puidu kütteväärtust, suurendab põlemisgaasi mahtu ja halvendab süttimist.

Ahju ja korstna terviklikkus on ehk esmatähtsad asjad, mis tuleks kindlasti tervena hoida. Pliidil oli vuukide vaheline segu lahti tulnud ja kahhelkivi lahti. Puuküttega hoones on oluline ka korstna seisund. Korstnale oli tekkinud pigi ja see tekib soojustamata, külma pööningu puhul, kus puude põletamisel liikuv soe suits puutub kokku külma välisõhuga ning tekib kondents, mille tõttu tekib korstna sisepinnale pigi, mis aja jooksul hakkab tellistevahelistest vuukidest välja pressima. Selle tõttu on ainuke võimalus uus korsten ehitada, seda tulenevalt sellest, et korstnast tulenevat pigi ei saa niisama lihtsalt eemaldada ja võib tekkida tuleohtlik olukord. Piisab ka sellest, kui eluruumide ulatuses olev korstna osa on terve, et siis ehitatakse uus korsten üles alates pööningust.

Omad tingimused ja nõuded on tänapäeval ja ahju, pliidi ja korstna puhastamisel. Aastaringelt kasutuses olevas hoones on soovitatav pärast igat kütteshooaja lõppu korsten ja küttekehad puhastada. Vastasel juhul võivad puhastamata kütteseadmed liigsest tahmast põlema minna. Kuigi korstnat, pliiti või ahju võib puhastada iga omanik ise, on vaja vähemalt iga 5 aasta tagant kutsuda kutsetunnistusega korstnapühkija, kes nõuetele vastava küttesüsteemi puhul väljastab korstnapühkimisakti.

Ventilatsioonisüsteemi lahendus

Ruumide õhuvahetuse ehk ventilatsiooni abil tuuakse ruumidesse puhas õhk ja eemaldatakse saastunud õhk. Ventilatsioon on väga oluline ruumi õhu puhtuse tagamisel. Ventilatsioon mõjutab ka oluliselt hoone energiatõhusust. Kui väljapuhkeõhu soojust kasutada ära näiteks sissepuhkeõhu või tarbevee soojendamiseks, on võimalik hoone energiatõhusust oluliselt parandada. Ventilatsioon peab elamu kasutamise ajal olema pidev. Tähtis on, et õhk vahetuks kõigis tubades. Köögi, vannitoa, duširuumi, sauna ja WC puhul tagab ventilatsioon ka niiske õhu väljaviimise.

Kuna hoones puudub ventilatsioon, siis autorid näevad ventilatsioonisüsteemina soojustagastusega ventilatsiooniseadet. Ventilatsiooni projekteerimisel tuleb eelistada lahendusi, kus on võimalik taaskasutada väljapuhkeõhu soojussisaldust. Sellised võimalused on soojustagastusega sisspuhke-väljatõmbe ventilatsiooniseadmel. Soojustagastusega ventilatsiooniseadme alginvesteering on suurem, kuid arvestades lisaks ka pikaajalisi

kulusid hoone kütmiseks ja ventilatsiooniõhu soojendamiseks, on soojustagastita lahendused kallimad. Soojustagastuse mõju tuleb rohkem esile, kui hoonepiirded on õhupidavad ja enamuse õhku vahetub soojustagasti kaudu. Süsteemi põhimõte on lihtne: välja minevast õhust (köök, vannituba, tualett) võetakse soojus ja see kantakse üle sisse tulevale õhule. Sel juhul ei tähenda tuulutamine enam toasooja korstnasse laskmist. Ruumides toimub pidev ventileerimine ja tuppale tulev õhk on filtreeritud ning tahab tervisliku sisekliima.

5.3 Renoveerimise hinnapäring

Renoveerimise maksumuse saamiseks küsiti seitsmelt erinevalt ehitusvaldkonna ettevõttelt hinnapakumist renoveerimistöödele. Seitsmest ettevõttest vastasid neli ning nende nelja hinnapakumise põhjal on arvutatud ligikaudne renoveerimise maksumus. Renoveerimistööde hinnapakumiste saamiseks saadeti ettevõtetele hoone tehnilise seisukorra hinnang koos fotodega, plaanid ning renoveerimislahendused (lisa 5) koos tööde kirjeldusega ja mahtudega, mis on toodud lisas 6.

Antud hoonel puudub digitaliseeritud projekt, selle tõttu mõõdeti hoone lasermõõtjaga üle, et koostada mõõdistusjoonised, mis on olemas lisas 3. Tehnilise seisukorra hindamise alusel koostatud renoveerimislahendused on lisas 5. Mõõdistus- ja renoveerimislahenduste kaudu arvutati renoveerimismahud. Renoveerimistööde hinnapäringu koostamisel on arvestatud kõikide ehitist hõlmavate ehitustööde etappidega: vundamendi parandused, soojustustööd, ventilatsioonitööd, katusetööd, viimistlustööd jne.

Hinnapäringu koostamisel toetuti standardile EVS 885:2005 Ehituskulude liigendamine. Standardist lähtudes liigitati renoveerimistööd erinevatesse gruppidesse. Ehituskulude liigitamise aluseks on kümnendsüsteemil põhinev hierarhia, mis võimaldab nii pea-, põhi- kui kulurühma edasiarendamist kuni kümneks alamrühmaks. Selline liigituspõhimõte võimaldab süsteemselt kirjeldada mistahes projekti eripärast tulenevaid kulusid. (EVS 885:2005)

Hinnapakumised on saadud eeldusel, et ettevõtte ehk hinnapakkuja saab endale kõik tööd. Kui renoveerimistöid hakataks poolitama, siis läheksid tööde maksumused kallimaks. Hinnapakumistes on kasum juba sisse arvestatud.

5.4 Renoveerimise maksumuse analüüs

Reisbergi talu eluhoone renoveerimise pakkumised saadi neljalt ettevõtelt. Nendeks ettevõteteks on Agretten OÜ (firma A), PVH Ehitus OÜ (firma B), Mapri Ehitus OÜ (firma C) ning Embach Ehitus OÜ (firma D). Mapri Ehitus OÜ ja Embach Ehitus OÜ osutavad projektipõhist peatöövõttu ja ise ehitustöid ei teosta, vaid küsivad ehitusfirmadelt tegevusala kaupa eraldi hinnaküsimusi ja tööde teostamist, kuid meie jaoks panid nad ennast üldehitust teostava firma rolli ja tegid selle põhjal hinnapakumised.

Hinnapakumistes on välja toodud erinevad tööd ja nende maksumus, hinnad ei sisalda käibemaksu. Hinnapakumiste põhjal on koostatud allolev tabel 5.1. Tabelis on välja toodud suuremate rühmade koondmaksumus ning renoveerimise kogumaksumus. Viimases lahtris on välja toodud nelja hinnapakumise põhjal arvutatud keskmine hind.

Tabel 5.1. Eluhoone renoveerimise maksumus.

Jrk nr	Tööde nimetus	Firma A (€)	Firma B (€)	Firma C (€)	Firma D (€)	Keskmine hind (€)
1	Alused ja vundamendid	33 841,4	45 253,5	29 859,6	27 493,6	33 352,5
11	Vundament	17 506,4	17 085,0	15 307,6	14 942,7	15 445,7
12	Aluspõrand	16 335,0	28 168,5	14 552,0	12 571,9	17 906,9
2	Kandetarindid	34 704,4	36 020,8	33 201,2	41 453,3	36 344,9
21	Välisseinad	2 8064,4	29 551,62	26 415,21	33 927,5	29 489,7
22	Vahe- ja katuslaed	6 640,0	6 469,2	6 786,0	7 525,8	6 855,25
3	Fassaadielemendid	9 490,0	16 804,0	8 646,0	7 464,0	10 601,0
31	Aknad	6 690,0	1 0034,0	6 420,0	5 742,0	7 221,5
32	Uksed	2 800,0	6 770,0	2 226,0	1 722,0	3 379,5
4	Ruumitarindid, pinnakatted	5 395,0	6 392,5	6 966,0	7 266,0	6 504,9
41	Siseseinte pinnakatted	5 395,0	6 392,5	6 966,0	7 266,0	6 504,9
5	Tehnosüsteemid	9 100,0	13 980,0	7 896	7 860	9 709,0
51	Küttekolded	3 800,0	7 000,0	3 480,0	2 820,0	4 275,0
52	Ventilatsioon	5 300,0	6 980,0	4 416,0	5 040,0	5 434,0
6	Lisakulud	6 264,5	8 291,6	6 059,8	6 407,6	6 755,9
7	Tellija reserv	8 949,3	11 845,1	8 656,9	9 153,7	9 107,8
Kogumaksumus		108 261,0	138 587,5	101 285,5	107 098,2	113 808,1

Ettevõtetele esitatud hinnapäringu tabelis on suuremad rühmad lahti kirjutatud koos tööde kirjelduse ning mahtudega, antud tabel on toodud lisa 6. Tegemist on üldistava hinnapakumisega, eraõiguslik hankija ei ole kohustatud sõlmima majanduslikult soodsamat ehk kõige odavama pakumisega lepingut, vaid võib pidada läbirääkimisi, et tööde pakkujad hindu alandaksid. Teostatavate tööde hinnad võivad muutuda kallimaks, kui konstruktsioone põhjalikumalt avades selgub, et hoones on suuremad vead, kui hinnapäringus on välja toodud. Tööde kallinemiseks on arvestatud tellija reserv, mis moodustas 10% saadud maksumusest

Reisbergi talu eluhoone renoveerimise hinnapakumiste põhjal tuleb keskmiseks renoveerimise maksumuseks 113 808,1 eurot. Keskmiseks ruutmeetri hinnaks teeb see 588€/m². Kõige kulukamaks tööks on kandetarindite ehk välisseinte ning vahe- ja katuslae renoveerimine, mis moodustab keskmisest renoveerimise kogu maksumusest 31,9%. Vundamendi ja aluspõranda renoveerimine moodustab 29,3%. Kandetarindite ning vundamendi ja aluspõranda renoveerimine on ka ehitustehnoloogiliselt kõige keerulisemad protsessid, aga ka kõige olulisemad, sest nende renoveerimine on kõige suurem samm tervisliku sisekliima ning suurema energiatõhususe suunas.

KOKKUVÕTE

Antud lõputöös on käsitletud Reisbergi talu ehitustehnilist seisukorda ja probleemsete kohtade väljatoomist, hoone sisekliima mõõtmist ja hindamist, katusekonstruktsioonide visuaalselt kahjustatud elementide mittepurustavat uurimist ning hoone renoveerimislahendusi ja selle maksumust.

Visuaalse vaatluse põhjal hinnati hoone tähtsamate ehituskonstruktsioonide, nagu vundament, seinad, vahelaed ja katus, olukorda. Hinne anti kõige halvamas seisukorras oleva osa järgi. Lisaks hinnati hoone avatäidete seisukorda, vee- ja kanalisatsioonisüsteeme, elektrisüsteeme ning küttesüsteeme. Kõikidele süsteemidele anti hinne skaalal 0-3. Eluhoone ehitustehniline seisukorda hinnati hindegaga 1,67, mis tähendab, et hoone põhikonstruktsioonid on halvas seisukorras ja vajavad rekonstrueerimist ning renoveerimist.

Vundamendis esines pragusid ja tühimikke, sest hoone vundament ei ole fundeeritud külmumissügavusest allapoole ja iga-aastased külmakerked ning vajumised on lagundanud kivivundamenti. Vundament on etteulatuv ja kaetud veelauaga, kuid see ei ole piisavalt üle vundamendi ääre ja veelaud ei saa täita oma funktsiooni. Etteulatuv vundament on hoone kestvuse seisukohalt üldsegi riskantne lahendus, sest vundamenti katvale veelauale jääb vesi ja lumi pidama, mis valgub konstruktsioonidele ja niisutab palkseina ning välisvoodrit järjepidevalt. Selle tõttu on välisvoodri ja välisseina palkide alumine rida kõige rohkem kahjustada saanud. Esimese rea palkide kahjustused on tingitud ka puudulikust hüdrolatsioonist, mis takistaks kapilaarniiskuse jõudmist palkidesse. Samuti on voodrilaua kahjustused tulnud veelaualt tagasi pritsinud vee tõttu.

Vihmaveesüsteemid kogu hoone katuse perimeetri ulatuses puuduvad täielikult ning vesi valgub otse vundamendi äärde, puudulikud on ka katuse serva-, ääre- ja katteplekid. Peamiselt on välisseinte kahjustused tulnud puuduvast vihmaveesüsteemist, sest vesi on katuselt maha jooksnud seinte ja vundamendi peale. Katusekatte ja läbiviikude ebatihedusest tingituna oli lumi ja vesi pääsenud pööningu vahelaele ja seal esinesid selle tõttu kahjustused sarikatel ja taladel. Hoone katuse servades olid talvel ka jääpurikad, mis viitavad köetavate ruumide soojalekkele soojustamata pööningu vahelaele või katusele.

Eluhoone termografeeriti seest ja väljast passiivses olekus, lisaks ka sees aktiivses olekus. Põhilised vead, mis tuvastati termografeerimisel, olid palkidevahelised ebatihedused, konstruktsioonilised vead, külmasillad akende ümbruses, välisseina ja põranda liitekohad ning esimese korruse põrand. Arvutatud temperatuuriindeksid jäävad alla piirnorme ning hoone defektsetes kohtades on hallituse ja kondensaadi tekkeoht suur.

Hoones teostati sisetemperatuuri ja suhtelise niiskuse mõõtmised kahes magamistoas. Mõõtetulemustest selgus, et mõõteperioodi keskmine temperatuur oli 20,6°C, mis vastab EVS-EN 15251:2007 standardi järgi II sisekliima klassi kriteeriumitele, aga temperatuuri kõikumine oli väga suur, see jäi vahemikku 15,0-26,0°C. Madal keskmine temperatuur võib tuleneda piirdetarindite suurest õhulekkest ja asjaolust, et hoones on puuküte ja võib juhtuda, et inimesed ei saa ahjusid kütta.

Hoone keskmine õhuniiskus oli 36,9% ning keskmise õhuniiskuse tasemed vastavalt välistemperatuurile jäid piirsuuruste vahele, talvel on õhuniiskuse piirsuurused 25-45%, hoone suhtelise niiskuse keskmised tasemed jäid vahemikku 29,9-42,2%. Niiskuskoormust magamistubades hinnati siseõhu ja välisõhu veeaurusisalduste erinevuse järgi. Niiskuslisa 90% kriitilisuse tasemel on hoones keskmisena 3,66g/m³. Teise korruse magamistoas on poole mõõteperioodi ajast suur niiskuskoormus.

Piirete õhupidavuse hindamiseks mõõdeti hoones õhupidavust alarõhu testiga. Eluhoone õhulekkearv oli 28,93m³/(h*m²) ning õhuvahetuskordsus 19,70h⁻¹, see tulemus näitab, et hoone välispiirete kaudu on suur soojuskadu ning hoone ei ole piisavalt õhutihe. Hoone suur õhuleke põhjustab hoone suuremat energiakulu ning elanike ebamugavustunnet. Peamisteks õhulekkekohtadeks olid esimese korruse põrand, sein ja lae liitumiskohad, aknalengi ümbrus, aga ka välisseinad üldiselt.

Siseõhu kvaliteedi ja ventilatsiooni toimivuse hindamiseks mõõdeti CO₂ sisaldust. Mõõtmised teostati kahes magamistoas, esimese korruse magamistoas magas öösiti üks inimene ja teise korruse magamistoas neli inimest. Tulemustest selgus, et hoone keskmine CO₂ on 1582 ppm ja see ei vasta enam III (C) sisekliima klassile. See tuleneb asjaolust, et teise korruse magamistoa CO₂ kontsentratsiooni tase on niivõrd suur, kõige kõrgem mõõdetud CO₂ kontsentratsioon oli teisel korrusel öösel 3761 ppm. Esimese korruse keskmine CO₂ tase oli 924 ppm ja teise korrusel 2065 ppm. Teise korruse kõrge CO₂ kontsentratsioon tuleneb asjaolust, et öösiti magab seal neli inimest. Selline CO₂ tase on

inimeste tervisele väga kahjulik ja tulemused näitavad, et hoone loomulik ventilatsioon ei taga magamistubades piisavat õhuvahetust.

Mittepurustavate uurimistulemustest selgus, et visuaalselt kahjustunud katusekonstruktsioonidel on ainult pindmised kahjustused. Sarikate ja laetalade niiskussisaldus jäi vahemikku 9,3-17,8%, vastupanupuurimise tulemustest oli näha, et neljas puurimiskohas kahjustused puudusid ning kolmes kohas olid kahjustused minimaalsed ning pinnapealsed. Sellest tulenevalt puudub vajadus katusekonstruktsioonide plommimiseks, proteesimiseks ja väljavahetuseks.

Renoveerimislahendustes on välja toodud autorite poolt palkmaja erinevate tarindite ja tehnosüsteemide soovitusel renoveerimistöödeks. Põhieesmärk on hoone kahjustunud tarindite väljavahetamine/korrastamine, et hoones oleks tervislik sisekliima, puuduksid biokahjustused, hoone oleks külma ja õhukindel ning konstruktsioonid oleksid vastupidavad veel aasta kümneid, säilitades hoone miljöö väärtuslikkuse.

Renoveerimise lahendustele saadi hinnapakkumine neljast erinevast ehitus ettevõttest. Renoveerimismaksumuse keskmiseks hinnaks saadi 113 808,1 eurot, keskmiseks renoveerimise ruutmeetri hinnaks teeb see 588€/m², kõige suurema osa maksumusest moodustavad kandetarindid e välisseinad ning vahe- ja katuslaed, mille maksumus moodustas pea 33% kogumaksumusest. Kõige kallimad tööd on ka kõige hädavajalikumad hoone säilimise, energiatõhususe ning tervisliku sisekliima aspektist.

Lõpetuseks võib öelda, et vana maamaja omanikuna ei pääse kunagi tundest, et kõik on valmis, sest alati on siin-seal midagi vajaka ning vajadus kõpitseda millegi kallal.

KASUTATUD KIRJANDUS

Arhiiv. – Keskkonnaagentuuri Riigi Ilmateenistus. [veebileht]

<https://www.ilmateenistus.ee/ilm/ilmavaatlused/vaatlusandmed/oopaevaandmed/> (23.03.2019)

CR 1752. (1998) Ventilation of buildings – Design criteria for the indoor environment. Brussels: European Committee for Standardization.

Eesti eluasemefondi puitkorterelamute ehitustehniline seisukord ning prognoositav eluiga. Uuringu lõpparuanne. (2011). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli ehitusteaduskond. [veebileht]

http://kredex.ee/public/Uuringud/TTY_Puitelamute_uuring.pdf (15.04.2019)

Eesti õigekeelsussõnaraamat ÕS. (2018). [veebileht] <https://www.eki.ee/dict/qs/> (18.05.2019)

Ehitusseadustik. RT I, 05.03.2015, 1. (vastu võetud – 11.02.2015). – *Riigi teataja*. [veebileht]

<https://www.riigiteataja.ee/akt/105032015001> (25.05.2019)

Eluruumidele esitatavad nõuded. Vabariigi valitsuse määrus nr 85. (vastu võetud 02.07.2017). - *Riigi teataja*. [veebileht] <https://www.riigiteataja.ee/akt/103072015034> (27.03.2017)

Energiatõhususe miinimumnõuded. Vabariigi valitsuse määrus nr 258. (Vastu võetud 20.07.2007). - *Riigi teataja*. [veebileht] <https://www.riigiteataja.ee/akt/12903585> (03.04.2019)

Euroopa Keskkonnaagentuur. (2013). Õhk, mida hingame. - Signaalid 2013. [e-ajakiri] <https://www.eea.europa.eu/et/eka-signaalid/signaalid-2013/artiklid/ohk-mida-me-hingame> (02.04.2019)

EVS 885:2005. Ehituskulude liigitamine. Tallinn: Eesti standardikeskus.

EVS-EN ISO 13788:2012 Hoone elementide ja piirdetarindite soojus- ja niiskustehniline toimivus. Kriitilise pinnaniiskuse ja elemendisise kondenseerumise vältimine. Arvutusmeetodid. Tallinn: Eesti standardikeskus.

EVS-EN 15251:2007. Sisekeskkonna algandmed hoonete energiatõhususe projekteerimiseks ja hindamiseks, lähtudes siseõhu kvaliteedist, soojuslikust mugavusest, valgustusest ja akustikast. Tallinn: Eesti standardikeskus.

EVS 839:2003. Sisekliima. Tallinn: Eesti Standardikeskus.

EVS-EN ISO 9972:2015. Thermal performance of buildings -- Determination of air permeability of buildings -- Fan pressurization method. Tallinn: Eesti standardikeskus.

EVS-EN 13187:2001. Thermal performance of buildings - Qualitative detection of thermal irregularities in building envelopes - Infrared method. Tallinn: Standardikeskus.

FMC/FME Moisture Meter (2004). – Operating Instructions [veebileht] https://www.pce-instruments.com/english/slot/2/download/2200695/fmc_fme.pdf (30.04.2019)

- Handheld moisture meter FME. Brookhouse. [veebileht] <https://www.brookhuis.com/wood-testing/moisture-content/moisture-content-handhelds/handheld-fme/> (30.04.2019)
- Hellier, C. J.** (2012). Handbook of nondestructive evaluation. Second Edition.
- Halminen, E., Kuvaja, O., Köttö, R.** (1995). Ventilatsioonitööd. Helsinki. Eesti keelde tõlkinud: Vikerpõu, A., Aamisepp, K. (2001) Tallinn.
- Hobo® U12 Temp/RH Data Logger. - Onset Computer Corporation. [veebileht]. https://www.onsetcomp.com/files/manual_pdfs/13127-B%20MAN-U12011.pdf (24.04.2019)
- Infrared camera - b50. - Thermoscan Co. (termokaamera andmed). (2012). [veebileht] <http://www.thermoscan.co.th/b50.html>. (05.04.2017)
- Kalamees, T.** (2006). Critical values for the temperature factor to assess thermal bridges. - *Proceedings of the Estonian Academy of Science, Eng, 2006, 12.*
- Keskküla, T.** (2001). Hoonete tehnilise seisundi komplekssest hindamisest. – Ehituskaar. Nr 8.
- Keskküla, T.** (2010). Mitmekorruselise hoone tehnilise ja energeetilise seisundi hindamismetoodika. - *Inseneeria*. Nr. 23.
- Konsa, K., Pilt, K.** (2012). Hoonete biokahjustused. Tartu: välja antud FaBBi projekti raames.
- Käärid, S.** Hoonete remont ja rekonstrueerimine Tallinna Tehnikakõrgkool 2004 (1 osa). Maaamet. Maainfo kaardirakendus. [veebileht] https://xgis.maaamet.ee/maps/XGis?app_id=UU82A&user_id=at&LANG=1&WIDTH=1066&HEIGHT=632&zlevel=11,701524.02877808,6565778.5835267 (20.03.2019)
- Maaelamute sisekliima, ehitusfüüsika ja energiasääst I uuringu I etapi lõpparuanne. (2011). Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli ehitusteaduskond. [veebileht] http://kredex.ee/public/Uuringud/TTY_maaelamu.pdf (19.04.2019)
- Masso, T.** (2012). Ehitusfüüsika ABC. Tallinn.
- Metslang, J.** Katuseraamat (2016). Tallinn.
- Metslang, J.** Vana maamaja käsiraamat. (2012). Toimetanud Pärdi, H., Lutsepp, E. Tallinn .
- Metsnurk, M.** (1957). Suvine pööripäev. Tallinn.
- Muinsuskaitse seadus. RT I, 19.03.2019, 13. (vastu võetud - 20.02.2019) – *Riigi teataja*. [veebileht] <https://www.riigiteataja.ee/akt/119032019013> (19.05.2019)
- Paloniitty, S., Paloniitty, J., Haimilahti, J.** (2016). Termograafia Ehituses /Toimetaja Perema, A., Tallinn: ET INFOkeskuse AS.
- Pärdi, H.** (2012). *Eesti talumaja lugu: Ehituskunst ja elu 1840-1940*. Tallinn: Tänapäev.
- Resistograph® Series 4 (sine anno). – Rinntech brožüür [veebileht] http://www.rinntech.de/images/stories/PDF/Resistograph_Sheet_E_Web_RIN270308.pdf (18.04.2019).
- Rinn, F.** (1994). Resistographic visualization of tree-ring density variations. – *International Conference on Tree Rings, Environment and Humanity, Relationships and Processes*, Tuscon, USA.

- Ross, R., Bradshaw, B.-K., Wang X.** (2006). Strctural Condition Assessment of IN Service Wood – *Forest Products Journal*. Vol. 56, No. 6.
- Saarman, E., Veibri, U.** (2006). Puiduteadus. Tartu: Eesti Metsaselts.
- Tihase, K.** (2007) Eesti talurahvaarhitektuur. Tallinn.
- Täheväli Stroh, L.** (2005). Maja ja niiskus: Praktilisi nõuandeid niiskuskahjustuste ennetamiseks.
- Uus, A.** (2010) I. Vana palkmaja hooldus. MTÜ Vanaajamaja ja MTÜ Seto Käsitüü Kogo trükis. [veebileht] <http://www.vanaajamaja.ee/files/Hooldus.pdf> (03.05.2019)
- Uus, A.** (2010) II. Palkide vahetus vanades hoonetes. MTÜ Vanaajamaja ja MTÜ Seto Käsitüü Kogo trükis. [veebilehekül] http://www.vanaajamaja.ee/files/Palgivahetus_infoleht.pdf. (03.05.2019)
- Õiger, K.** (2012) Ehitiste renoveerimine Tallinna Tehnikaülikool. Tallinn.
- Wood Handbook. Wood as an Enineering Material. (2010). Forest Products Laboratory. [veebileht] https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fpl_gtr190.pdf (30.04.2019)

LISAD

Lisa 1. Fotod hoonest



Joonis L 1.1. Hoone peasissepääs. (*Allikas: autorite erakogu*)



Joonis L 1.2. Hoone katusekate. (*Allikas: autorite erakogu*)

Lisa 2. Kõrvalhoonete ehitustehnilise seisukorra hindamine

Käesolevas lisas on toodud järgnevate hoonete tehnilise seisukorra hinnang:

2.1 Saunahoone ehitustehnilise seisukorra hinnang

2.2 Pumbamaja 1 tehnilise seisukorra hinnang

2.3 Pumbamaja 2 tehnilise seisukorra hinnang

2.4 Abihoone tehnilise seisukorra hinnang

2.5 Kuuri tehnilise seisukorra hinnang

2.1 Saunahoone ehitustehnilise seisukorra hindamine (teostatud fotode asukohad on märgitud lisas 7, joonised 7.5 ja 7.6)

Vundamendi seisukord

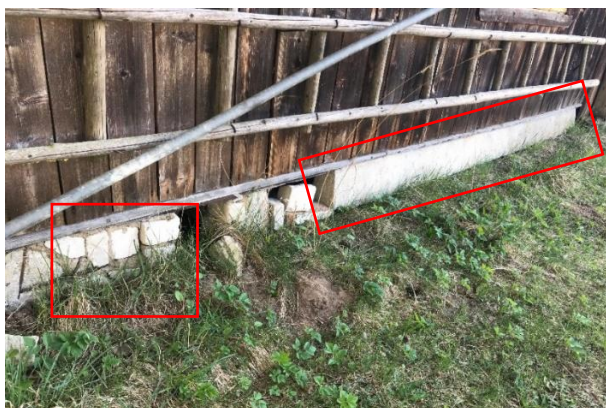
Saun on ehitatud 1910. aastal ja oli esialgselt koos leiliruumi, eesruumi ja riietusruumiga 20,9m². 1986. aastal tehti juurde ka puhkeruum 14,5m² ja kuur 6,8m² pindalaga. Sauna vundament on monoliitne raudbetoon vundament. Sügavust ei õnnestunud määrata, kuid pinnasest välja ulatuva osa kõrgus on väga kõikuv. Joonisel L 2.1 on näha, et vundament ulatub pinnasest kõrgemal ainult 80mm ja on hoonest eenduv, kuid ei ole kaetud veelauaga ja see soodustab alumise palgirea märgumist. Joonisel L 2.3 on aga seevastu näha, et sauna vundament on pinnasega samas tasapinnas ja voodrilaud toetub sisuliselt maapinnale.



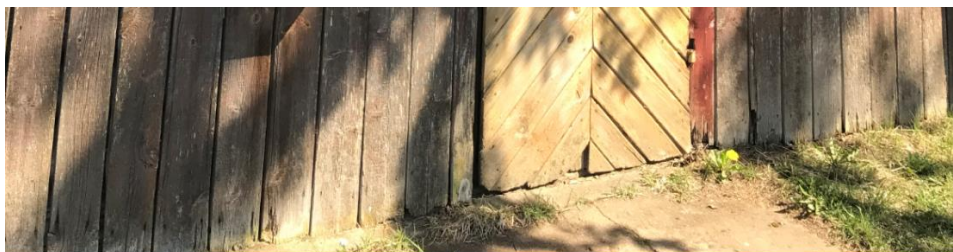
Joonis L 2.1. Sauna vundament on pinnasest ainult 8cm kõrgemal ja vundamendis esinevad praod (vasakul). (Allikas: autorite erakogu)

Kui vundament on madal, siis vesi pritsib seinte vastu ja hoiab niiskena nii vundamenti kui ka puittarindeid ja eelkõige välisvoodrit ning hoone kandekonstruktsioone. Puhkeruumi ja kuuri vundament on pinnapealne ja rajatud olemasolevatest materjalidest. On kasutatud betoonist elektriposti (paremal) ja telliskive (vasakul) (joonis L 2.2). Antud lahendus ei ole kindlasti vastuvõetav ja hoonel peaks olema omavahel seotud ning terviklik vundament, et tagada seina konstruktsiooni püsivus ja säilivus. Vundament seevastu oli pinnasest ca 30cm kõrgemal ja kaetud veelauaga.

Lisa 2.1 järg.



Joonis L 2.2. Puhkeruumi ja kuuri vundament. (Allikas: autorite erakogu)



Joonis L 2.3. Sauna vundament esiküljel on pinnasega samas tasapinnas. (Allikas: autorite erakogu)

Juurde ehitatud puhkeruumi ja kuuri vundamendi alumise palgirea ja vundamendi vahel oli olemas ka hüdroisolatsioon (joonis L 2.4), kuid varem ehitatud saunal see puudus või oli kasutatud kasetohtu, mis nüüdseks lagunenu.



Joonis L 2.4. Olemasolev hüdroisolatsioon esimese palgirea ja vundamendi vahel. (Allikas: autorite erakogu)

Lisa 2.1 järg.

Hoonel puuduvad vihmaveerennid ja vundament ei ole vähemalt 30cm kõrgusel maapinnast, siis maapinnalt üles pritsinud vesi ja imendunud niiskus on põhjustanud välisvoodri värvi koorumist ja laudise ning seina lagunemist. Vertikaalne välisvooder ja vundament on püsivalt niiske, mida on näha sellel kasvava sambla järgi (joonis L 2.5). Samuti on puudulik ka veelaud, mis ei kaitse vundamenti ja voodrilauda märgumise eest. Niiskes keskkonnas arenevad bioloogilised tegurid (vetikad, sammal jne.) ei lase konstruktsioonil välja kuivada ja lagundavad seda oma juurestiku ja niidistikuga.



Joonis L 2.5. Vundament ja voodrilaud on sammaldunud. (Allikas: autorite erakogu)

Seinte seisukord

Uuritaval hoonel oli kandvaks tarindiks tahutud rõhtpalk, mis seotud omavahel järsktapiga. Vihmakaitseks oli horisontaalne voodrilaud otse palgi peale paigaldatud. Hoonel esines voodrilaua kahjustusi just avatäidete ümbruses ja vundamendi ääres, kuna aknaplekid olid liiga lühikesed ja vundament liiga madalal ning sein kokkupuutes pinnasega. Kui laudvooder on otse vastu palki, märgub seetõttu ka palk, aga kuna voodrilaua ülesanne on kaitsta puitkonstruktsiooni märgumise eest, peab välisvoodri ja seinapalkide vahel olema välisõhuga tuulutatav õhkvahe.

Joonisel L 2.6 on näha, et akna veeplekk on liiga lühikene ning kinnitatud ebakorrektselt ja seetõttu pääseb vesi pleki ja lengi vahele. Akna veelauad ja -plekid kaitsevad liigvee tungimise eest kandekonstruktsioonidesse ning on seetõttu väga olulise tähtsusega.

Lisa 2.1 järg.



Joonis L 2.6. Biokahjustused voodrilaul. (*Allikas: autorite erakogu*)

Madal vundament, puuduvad vihmaveerennid ja puuduvad veelauad on peamised põhjused, miks hoonel on tekkinud mädanikkahjustused alumisele osale. Pinnasega kokkupuutuvad palgi read mädanevad kiirelt läbi ja põhjustavad pragude tekkimist ja seinte, uste ning akende vajumeid. Madala vundamendi korral pritsib vesi seinte vastu ja hoiab pidevalt niiskena puittarindeid.



Joonis L 2.7. Mädanikkahjustusega alumine osa voodrilaul. (*Allikas: autorite erakogu*)

Joonisel L 2.8 on seina osa, mille esimene palk oli tulenevalt kokkupuutest pinnasega kohati mädanenud ja ära vajunud.

Lisa 2.1 järg.



Joonis L 2.8. Esimene palgirida on pinnasega kokkupuutes. (Allikas: autorite erakogu)



Joonis L 2.9. Liigniiskusest tekkinud hallitus sauna eesruumi seintel. (Allikas: autorite erakogu)

Põrandate seisukord

Hoone põrandatalad toetuvad maakividele, mis on mullapeenral, kuid esines ka maakivide asemel telliskive, mis olid väga ebastabiilselt paigaldatud (joonis L 2.11). Hoone põrandad on puittaladel laudpõrandad. Põrandalauad 161x28mm on ühes kihis ja risti mullapeenral olevate maakivide/telliskivide peale toetatud talade külge paigaldatud. Puudus ka hüdroisolatsiooni talade ja mullapeenral olevate kivide vahel ning see soodustab biokahjustuste teket puidul.

Põrandatalad olid vaadeltavates kohtades kohati mädanikkahjustusega ja märgunud (joonis L 2.10).

Lisa 2.1 järg.



Joonis L 2.10. Mädanikkahjustusega põrandatala. (*Allikas: autorite erakogu*)



Joonis L 2.11. Ebastabiilne talade toetuspind. (*Allikas: autorite erakogu*)

Ühes kohas ei olnud põrandatalad kaitstud ka ilmastiku eest (joonis L 2.4), mis on avatud nii veele, kui taimestikule, ning ajapikku mädanevad ära ja vajavad toestamist või välja vahetamist.

Katuse seisukord

Hoone katus on 45 kraadise kaldega viilkatus. Varasemalt ehitatud osal on katusekate vahetatud 2015. aastal asbestivaba eterniidi vastu ja selle all kahe kihiline endine laastust katusekatte materjal. 1986. aastal juurde ehitatud osal on nõukogudeaegne eterniitkatus, mis on tugevalt kaetud samblaga (joonis L 2.12). Katuse sarikad olid ümarpuidust läbimõõduga 120-150mm sammuga 1800mm ja roovideks ümarpuit 30-40mm sammuga 150mm ning sarikad toetuvad ülemisele palgile. Kogu hoone perimeetri ulatuses puudub ka vihmaveesüsteem (joonis L 2.12).

Lisa 2.1 järg.



Joonis L 2.12. Hoone katusekatte erinevused uuema (vasakul) ja vanaema (paremal) vahel. (Allikas: autorite erakogu)

Hooldamata katustel kasvavad taimed ja sammal takistavad vee liikumist katusel ja hoiavad katusekatte niiskena, mis soodustab selle lagunemist ja vähendab oluliselt katuse tööiga. Kuna hoone lähedal asub suur puu, siis sambla kasvu oht katusel on suurem ja see vajaks erilist tähelepanu ning igakevadist ja – sügist hooldamist. Tähelepanu tuleb pöörata ka korstna läbiviigule, kuna katusekate ei ole seal korrektselt paigaldatud ja esineb lekkekohti (joonis L 2.13). Katuse lekete tagajärjeks on katusekonstruktsioonides ja pööningu vahelae vee- ja niiskuskahjustused.



Joonis L 2.13. Ebatihedad läbiviigud korstna ümber. (Allikas: autorite erakogu)

Lisa 2.1 järg.

Küttesüsteemide seisukord

Hoones on eraldi köetavad kahhelpliit soojamüüriga, veemahuti ja keris. Pliidi kahhelkividesse on tekkinud mõned praod ja puudub kaitse puitpõrandal võimalike sädemete eest metall- või betoonplaadiga ahjusuu ees (joonis L 2.14). Pliidi kütmisel tuleb pragudest jälgida, kas tuli juba seestpoolt paistab ja ei ole tegu enam viimistlusveaga, vaid sisemise probleemiga ja seda on vaja kutsuda spetsialist vaatama. Küttesüsteeme renoveeriti viimati 1997. aastal.



Joonis L 2.14. Kähhelpliit soojamüüriga, pragu kähhelkivis (üleval) ja puuduv põranda kaitse (all). (Allikas: autorite erakogu)

Lisa 2.1 järg.



Joonis L 2.15. Kõetav veemahuti, mille slepel (vasakul) ja ahjusuul (paremal) on mitmed praod. (Allikas: autorite erakogu)

Veemahuti slepel on tehtud kohtparandusi mördiga, kuid endiselt on mitmeid pragusid, kust võib sisse tulla tahma (joonis L 2.15, vasakul). Parandused tuleb elastse plaadiseguga koos krohvivõrgu ja struktuurkrohviga. Ahjusuu on liigse kuumaga või valede ehitusmaterjalide tõttu pragunenud (joonis L 2.15, paremal) ja on tahma järgi näha, et see küttekolle ajab suitsu sisse ning on ohtlik.

Avatäidete seisukord

Hoonel on kahe klaasiga ja kahe raamiga aknad, mis on paigaldatud 1986. aastal. Esines värvi kulumist, kuid suurim probleem oli puuduva (joonis L 2.16) või halvasti paigaldatud aknaplekiga ja vesi on pääsenud puitkonstruktsioonidele ning pole sealt välja kuivanud ja tekkinud on mädanikkahjustused aknaraami alla (joonis L 2.17).

Lisa 2.1 järg.



Joonis L 2.16. Aknal puudub veeplekk. (*Allikas: autorite erakogu*)



Joonis L 2.17. Veeplekk liiga lühike ja vesi saab konstruktsioonide vahele. (*Allikas: autorite erakogu*)

Hoone välisüksed on puidust laudisega raamused, mille värvid on kobrutanud ja kestendanud ning alumised osad mädanikkahjustusega (joonis L 2.18).

Lisa 2.1 järg.



Joonis L 2.18. Mädanikkahjustusega välisuks. (Allikas: autorite erakogu)

Elektrisüsteemide seisukord

Hoone elektrisüsteemid on renoveeritud 1999. aastal ja vajavad ohutuse mõttes kindlasti väljavahetamist.

Vee- ja kanalisatsioonisüsteemide seisukord

Hoonel puudub veevarustus, kanalisatsioon on pesuruumis betoonpõrandasse valatud trapp, mis kaudu juhitakse vesi hoonest välja pinnasesse. Kuna kanalisatsiooni vesi juhitakse otse vundamendi äärde, on see oht hoone vundamendile ja võib põhjustada vundamendi vajumist.

Visuaalse hindamise teel hinnatud hoone osade hinded on koondatud tabelisse L 2.1.

Tabel L 2.1. Hoone osade ehitustehnilise seisukorra hinnang

Hoone osad	0 – avariiline	1 – halb	2 – rahuldav	3 – hea
Vundamentide keskmine hinne – HV		1		
Seinte keskmine hinne – HS		1		
Vahelagede keskmine hinne – HVa			2	
Katuste keskmine hinne – HK			2	
Põhiliste ehituslike süsteemide keskmine hinne		1,5		
Uste ja akende keskmine hinne – HUA			2	
Ühiskondlike ruumide keskmine hinne – HR			2	
Teiste ehituslike süsteemide keskmine hinne			2	

Küttesüsteemide keskmine hinne – HKU		1		
Veevarustuse keskmine hinne – HV	-			
Kanaliseerimisüsteemide keskmine hinne – HKA			2	
Elektrisüsteemide keskmine hinne – HE		1		
Tehniliste süsteemide keskmine hinne		1,33		
Kogu hoone keskmine hinne		1,49		

Põhiliste ehituslike süsteemide keskmine hinne:

$$HP = \frac{HV + HS + HVa + HK}{4} = \frac{1 + 1 + 2 + 2}{4} = 1,5$$

Teiste ehituslike süsteemide keskmine hinne:

$$HTe = \frac{HUA + HR}{2} = \frac{2 + 2}{2} = 2$$

Tehniliste süsteemide keskmine hinne:

$$HT = \frac{HKU + HKA + HE}{3} = \frac{1 + 2 + 1}{3} = 1,33$$

Kogu hoone keskmine hinne:

$$H = \frac{HP + \frac{HTe}{25} + \frac{HT}{5}}{1,24} = \frac{1,5 + \frac{2}{25} + \frac{1,33}{5}}{1,24} = 1,49$$

Hoone ehitustehnilise seisukorra hindeks kujunes välja 1,49, mis kaldub „halva“ poole. See hinne näitab, et hoones esineb mitmeid kahjustusi ja on vaja ulatuslikke renoveerimis- ja rekonstrueerimistöid teha.

2.2 Pumbamaja 1 ehitustehnilise seisukorra hindamine (teostatud fotode asukohad on märgitud lisas 7, joonis 7.7).

Vundamendi seisukord

Pumbamajal nr. 1 on vundamendiks lintvundament kõrgusega 450mm (joonis L 2.1), mille peale on silikaattellistest kahe rea laiuselt laotud keldri seinad kogu kõrgusega 1555mm. Lintvundamendil silmnähtavaid kahjustusi ei esinenud, küll aga esines pragusid silikaattellistest keldriseintel (joonis L 2.2), mis võib olla tingitud vundamendi piisava jäikuse või tugevuse puudumisest.

Lisa 2.2 järg.



Joonis L 2.1. Hoone lintvundament. (*Allikas: autorite erakogu*)



Joonis L 2.2. Vertikaalsuunaline pragu keldriseinas. (*Allikas: autorite erakogu*)

Hoone sokkel on etteulatuv ja seda kaitsev veelaud on lahti tulnud (joonis L 2.3) ning vesi pääseb kergesti välisseina puitkonstruktsioonidele ja silikaattelistest sokli vahele, tekitades seal püsivalt niiske keskkonna.

Lisa 2.2 järg.



Joonis L 2.3. Veelaud on lahti tulnud sokli pealt. (*Allikas: autorite erakogu*)



Joonis L 2.4. Liiga kõrge pinnas ümber sokli. (*Allikas: autorite erakogu*)

Hoone sissepääsu ees on pinnas liiga kõrgel ja sokkel on kõigest 65mm pinnasest kõrgemal ning vesi pääseb pritsmetest kergemini puittarinditele (joonis 2.4).

Seinte seisukord

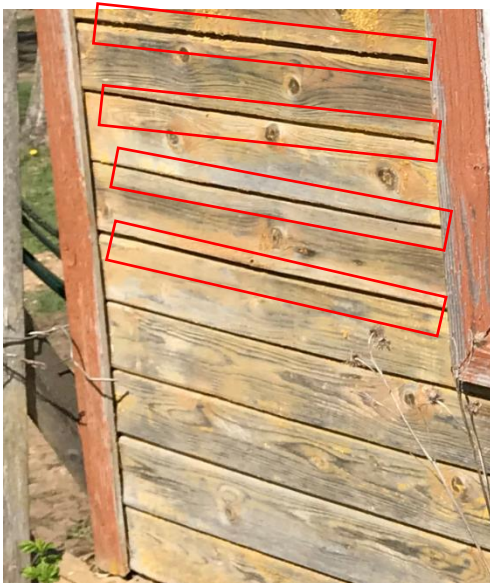
Seinte kandvateks konstruktsioonideks on puitprussid, mis on seest ja väljast kaetud horisontaalse voodrilauaga ning soojustuseks on saepuru. Hoone voodrilaua on peamiselt kliimakoormusest (päikesekiirgus, kaldvihm, niiskuse- ja temperatuurikõikumine, lumi, jää, tuul) tingitud kahjustused (joonis L 2.5) ja värv on suures ulatuses maha kulunud.

Lisa 2.2 järg.



Joonis L 2.5. Hoone välisvoodri värv on kahjustunud. (Allikas: autorite erakogu)

Hoone välisvoodri liitekohtadesse on tekkinud praod (joonis L 2.6), sest puit on niiskuskahjustuste suhtes tundlik ja igasugustest temperatuuri- ja niiskuskõikumistest tulenevad mahumuutused on tihti silmanähtavad.



Joonis L 2.6. Voodrilaua liitekohtadesse tekkinud praod. (Allikas: autorite erakogu)

Alumine voodrilaua rida on madala sokli, puuduva vihmaveesüsteemi ja veelaua tõttu pidevalt niiskeskeskkonnas ning selle tõttu on mädanikkahjustus kerge tulema hoone alumisele osale (joonis L 2.7).

Lisa 2.2 järg.



Joonis L 2.7. Mädanikkahjustus voodrilaua alumisel real. (*Allikas: autorite erakogu*)

Põrandate seisukord

Hoone põrandad on valatud betoonist metalltalade peale ja kaetud põrandalauaga laagidele, mille vahel on saepuru soojustus. Kuna puudub igasugune kaitse metalltaladel, siis need on tugevasti korrodeerunud niiskuse ja õhuhapniku toimel (joonis L 2.8).



Joonis L 2.8. Keldrilae korrodeerunud terastalad. (*Allikas: autorite erakogu*)

Ukse avas olevad põrandalauad on kahjustunud lävepaku puudumise ja madala sokli tõttu sinna sattuvatest veepritsmetest (joonis L 2.9).

Lisa 2.2 järg.



Joonis L 2.9. Põrandalauad on mädanikkahjustusega. (*Allikas: autorite erakogu*)

Katuse seisukord

Hoone katus on 45 kraadise kalde all asbesti sisaldav eterniit. Katusekate on sammaldunud ja see takistab vee liikumist, mis hoiab katusekatte niiskena (joonis L 2.10). Tuulekasti ja katuse äärelaua puudumise tõttu on tugevalt kahjustunud ka katuse roovid (joonis L 2.11). Samuti puudub hoonel ka vihmaveesüsteem.



Joonis L 2.10. Sammaldunud katusekate. (*Allikas: autorite erakogu*)

Lisa 2.2 järg.



Joonis L 2.11. Mädanikkahjustusega katuse roovid. (*Allikas: autorite erakogu*)

Avatäidete seisukord

Hoonel on ühekordse klaasi ja raamiga puitaknad ning sissepääsuks tahveluks. Akendel puuduvad veeplekid ja vesi pääseb kergelt puittarindite vahele (joonis L 2.12). Uks on kliimakoormustest tingituna mädanikkahjustusega ja selle tõttu ka viltu vajunud (joonis L 2.13). Nii aknaraamide kui ka ukse värv on kõvasti kibrutanud ja kestendanud.



Joonis L 2.12. Aknal puudub veeplekk. (*Allikas: autorite erakogu*)

Lisa 2.2 järg.



Joonis L 2.13. Uks on vajunud ja esineb mädanikkahjustusi. (Allikas: autorite erakogu)

Küttesüsteemide seisukord

Hoonel puuduvad küttesüsteemid

Elektrisüsteemide seisukord

Hoone elektrisüsteemid on renoveeritud 1999. aastal ja vajavad välja vahetamist täies ulatuses.

Vee- ja kanalisatsioonisüsteemide seisukord

Hoone keldris asub puurkaev, kust pumbatakse vesi eluhoonesse. Hoonel endal puudub vee- ja kanalisatsioonisüsteemid.

Visuaalse hindamise teel hinnatud hoone osade hinded on koondatud tabelisse L 2.2.

Tabel L 2.2. Hoone osade ehitustehnilise seisukorra hinnang

Hoone osad	0 – avariiline	1 – halb	2 – rahuldav	3 – hea
Vundamentide keskmine hinne – HV			2	
Seinte keskmine hinne – HS		1		
Vahelagede keskmine hinne – HVa			2	
Katuste keskmine hinne – HK		1		
Põhiliste ehituslike süsteemide keskmine hinne		1,5		
Uste ja akende keskmine hinne – HUA		1		
Ühiskondlike ruumide keskmine hinne – HR			2	

Teiste ehituslike süsteemide keskmine hinne		1,5		
Küttesüsteemide keskmine hinne – HKU	-			
Veevarustuse keskmine hinne – HV	-			
Kanaliseerimisüsteemide keskmine hinne – HKA	-			
Elektrisüsteemide keskmine hinne – HE		1		
Tehniliste süsteemide keskmine hinne		1		
Kogu hoone keskmine hinne		1,42		

Põhiliste ehituslike süsteemide keskmine hinne:

$$HP = \frac{HV + HS + HVa + HK}{4} = \frac{2 + 1 + 2 + 1}{4} = 1,5$$

Teiste ehituslike süsteemide keskmine hinne:

$$HTe = \frac{HUA + HR}{2} = \frac{1 + 2}{2} = 1,5$$

Tehniliste süsteemide keskmine hinne:

$$HT = \frac{HE}{1} = \frac{1}{1} = 1$$

Kogu hoone keskmine hinne:

$$H = \frac{HP + \frac{HTe}{25} + \frac{HT}{5}}{1,24} = \frac{1,5 + \frac{1,5}{25} + \frac{1}{5}}{1,24} = 1,419$$

Hoone ehitustehnilise seisukorra hindeks kujunes välja 1,42, mis näitab „halba“ seisukorda. See hinne iseloomustab hoonet, kuna hoones esineb mitmeid kahjustusi ja on vaja ulatuslikke renoveerimis- ja rekonstrueerimistöid teha.

2.3 Pumbamaja 2 ehitustehnilise seisukorra hindamine (Teostatud fotode asukohad on märgitud lisas 7, joonis 7.8.)

Vundamendi seisukord

Hoone vundament on maakividest, mille peale on laotud üks rida silikaattelliseid ja on kaetud tsementkrohviga. Vundamendi pealt on mitmes kohas krohv maha koorunud ja puudu ka veelaud, mis kaitseks konstruktsioone (joonis L 2.1).

Lisa 2.3 järg.



Joonis L 2.1. Krohv on maha koorunud ja veelaud puudu. (*Allikas: autorite erakogu*)

Hoone tagaküljel on vundamendi alumisel osal krohv kõvasti maha koorunud ja on näha vundamendis tühimikke (joonis L 2.2).



Joonis L 2.2. Maha koorunud krohv ja tühimikud vundamendis. (*Allikas: autorite erakogu*)

Seinte seisukord

Hoone kandvaskonstruksiooniks seintel on puitprussid, mis on mõlemalt poolt kaetud horisontaalse laudisega ja vahel on saepuru soojustus. Välisvooder on saanud kliimakahjustusi ja liitekohtadesse on tekkinud suured praod ning üks laud on täitsa lahti (joonis L 2.3). Samuti on voodrilauad ka kobrutanud ja kestendanud.

Lisa 2.3 järg.



Joonis L 2.3. Praod voodrilaudade vahel. (*Allikas: autorite erakogu*)

Katuse seisukord

Hoone katus on 45 kraadise kalde all asbesti sisaldav eterniit (joonis L 2.4). Puudub vihmaveesüsteem ja tuulekast ning roovid on ilmastikule avatud ja selle tõttu ka mädanikkahjustusega (joonis L 2.5).



Joonis L 2.4. Hoone katusekate. (*Allikas: autorite erakogu*)

Lisa 2.3 järg.



Joonis L 2.5. Mädanikkahjustusega katuse roovid. (*Allikas: autorite erakogu*)

Avatäidete seisukord

Hoonel on ühekordse klaasi ja raamiga puitaknad ja puidust laudisega raamuks. Uks on tugevalt kobrutanud ja mädanikkahjustustega ning selle tõttu ka viltu vajunud (joonis L 2.6). Aknal puuduv veeplekk ja aknaliistud ning alumine osa aknaraamil on mädanikkahjustusega, sest vesi pääseb ilma veeplekita puitkonstruktsioonide vahele ja ei kuiva sealt välja (joonis L 2.7).



Joonis L 2.6. Kahjustunud hoone uks. (*Allikas: autorite erakogu*)

Lisa 2.3 järg.



Joonis L 2.7. Aknal puudub veeplekk. (Allikas: autorite erakogu)

Küttesüsteemide seisukord

Hoonel puuduvad küttesüsteemid.

Elektrisüsteemide seisukord

Hoone elektrisüsteemid on renoveeritud 1999. aastal ja vajavad välja vahetamist.

Vee – ja kanalisatsioonisüsteemide seisukord

Hoonel puuduvad vee- ja kanalisatsioonisüsteemid.

Visuaalse hindamise teel hinnatud hoone osade hinded on koondatud tabelisse L 2.3.

Tabel L 2.3. Hoone osade ehitustehnilise seisukorra hinnang

Hoone osad	0 – avariiline	1 – halb	2 – rahuldav	3 – hea
Vundamentide keskmine hinne – HV			2	
Seinte keskmine hinne – HS			2	
Vahelagede keskmine hinne – HVa			2	
Katuste keskmine hinne – HK			2	
Põhiliste ehituslike süsteemide keskmine hinne			2	
Uste ja akende keskmine hinne – HUA		1		
Ühiskondlike ruumide keskmine hinne – HR			2	
Teiste ehituslike süsteemide keskmine hinne		1,5		
Küttesüsteemide keskmine hinne – HKU	-			

Veevarustuse keskmine hinne – HV	-			
Kanaliseerimisüsteemide keskmine hinne – HKA	-			
Elektrisüsteemide keskmine hinne – HE		1		
Tehniliste süsteemide keskmine hinne		1		
Kogu hoone keskmine hinne		1,82		

Põhiliste ehituslike süsteemide keskmine hinne:

$$HP = \frac{HV + HS + HVa + HK}{4} = \frac{2 + 2 + 2 + 2}{4} = 2$$

Teiste ehituslike süsteemide keskmine hinne:

$$HTe = \frac{HUA + HR}{2} = \frac{1 + 2}{2} = 1,5$$

Tehniliste süsteemide keskmine hinne:

$$HT = \frac{HE}{1} = \frac{1}{1} = 1$$

Kogu hoone keskmine hinne:

$$H = \frac{HP + \frac{HTe}{25} + \frac{HT}{5}}{1,24} = \frac{2 + \frac{1,5}{25} + \frac{1}{5}}{1,24} = 1,82$$

Hoone ehitustehnilise seisukorra hindeks kujunes välja 1,82, mis kaldub „rahuldava“ poole ja näitab, et hoone vajab kohati renoveerimis- ja rekonstrueerimistööde teostamist, kuid on kasutuskõlblik.

2.4 Abihoone ehitustehnilise seisukorra hindamine (Teostatud fotode asukohad on märgitud lisas 7, joonised 7.9, 7.10 ja 7.11.)

Vundamendi seisukord

Hoone kivikarkassi osa vundament on maakivist, mis on kaetud betooniga ja maapealse osa kõrgus on 600-700mm. Hoone puitkarkassi osa vundament on maakivist, mille maapealse osa kõrgus on 50-200mm. Vundamendis esines kahes kohas pragusid (joonised L 2.1 ja L 2.3), mis võivad olla ebaühtlasest vajumisest või puuduvast veelauast. Vundamendi vahele valguv vesi võib viia külmumise-sulamise käigus tekkivate pragudeni, mis müüri nõrgestavad.

Lisa 2.4 järg.



Joonis L 2.1. Pragu vundamendis. (Allikas: autorite erakogu)

Puitkarkassiga osa vundament oli täis tühimikke ja kohati laialivajunud, sest selles kohas ei ole vundament fundeeritud külmumissügavusest allapoole ja iga-aastased külmakerked ja vajumised lagundavad kivivundamenti (joonis L 2.2). Vundamenti lagundab ka vundamenti pääsenud vesi, mis külmudes paisub ja lükkab vundamendikive üksteisest eemale.



Joonis L 2.2. Tühimikud vundamendis. (Allikas: autorite erakogu)

Lisa 2.4 järg.



Joonis L 2.3 Praod vundamendis. (*Allikas: autorite erakogu*)

Seinte seisukord

Hoone kivikarkassi seinad on laotud silikaattellistest ja puitkarkassi seinad on tahatud palkidest, mis on kaetud väljast vertikaalse voodrilauaga. Kandval välisseinal esines tellisseinas pragu, mis viitab müüritise kehvale kvaliteedile, vundamendi vajumisele ja ebaõigele koormusele seinal (joonis L 2.4).



Joonis L 2.4. Vertikaalsuunaline pragu välisseinas. (*Allikas: autorite erakogu*)

Lisa 2.4 järg.

Mittekandvates vaheseintes esinesid suure praod, mis hoone kui terviku kandevõimet üldjuhul ei ohusta, aga võimalikud on kahjustused lokaalse varingu tagajärjel ja see oht tuleb likvideerida (joonis L 2.5).



Joonis L 2.5. Praod mittekandvates vaheseintes. (Allikas: autorite erakogu)

Palkide ja vundamendi vahel puudus hüdroisolatsioon ja palgid ei olnud ilmastiku eest piisavalt kaitstud, mistõttu on niiskus jäänud palkidesse ja tekkinud mädanikkahjustusi (joonis L 2.6).



Joonis L 2.6. Mädanikkahjustusega tahutud palk. (Allikas: autorite erakogu)

Madal vundament, puuduv vihmaveesüsteem ja veelauad on peamised põhjused, miks hoonel on tekkinud mädanikkahjustused alumisele osale (joonis L 2.7). Madala vundamendi korral pritsib vesi seinte vastu ja hoiab pidevalt niiskena puittarindeid.

Lisa 2.4 järg.



Joonis L 2.7. Mädanikkahjustusega voodilaua alumine osa. (Allikas: autorite erakogu)

Põrandate seisukord

Hoone põrandatalad toetuvad maakividele, mis on mullapeenral. Hoone kivikarkassi osa põrandad on puittaladel laudpõrandad ja talad toetuvad omakorda maakividele, mis on mullapeenral. Põrandalauad 160-200x35mm on ühes kihis ja risti mullapeenral olevate maakivide peale toetatud talade külge paigaldatud. Puitkarkassi osa põrandad on muldpõrandad, kuna seal peetakse loomi. Puudus ka hüdroisolatsiooni talade ja mullapeenral olevate kivide vahel ning see soodustab biokahjustuste teket puidul. Põrandatalad ja põrandalauad oli mitmes kohas mädanikkahjustusega ja märgunud (joonis L 2.8).



Joonis L 2.8. Mädanikkahjustusega põrandatala ja põrandalauad. (Allikas: autorite erakogu)

Lisa 2.4 järg.

Vahelae seisukord

Hoone vahelae talad olid ümbarpalgist läbimõõduga 180-200mm ja toetusid välisseintele ning olid kaetud taladega risti 200-250x28mm põrandalauadega. Tugevalt olid kahjustunud laudana kasutatud ruumis vahelaetalad, mida ilmestasid tooneseplaste mardikate väljalennu avad ja tugevalt söödud maltspuidu osa (joonis L 2.9). Samuti olid seal mädanik- ja seenkahjustusega vahelae põrandalauad (joonis L 2.10).



Joonis L 2.9. Tooneseplaste mardikate poolt kahjustatud vahelaetalad. (Allikas: autorite erakogu)



Joonis L 2.10. Mädanik- ja seenkahjustusega vahelaetalad ja põrandalauad. (Allikas: autorite erakogu)

Lisa 2.4 järg.

Muldpõrandale toetusid ka vahelaetalade tugipostid, kuid pinnasega kokkupuutuv puit mädaneb kiirelt läbi ja põhjustab täiendavaid vajumeid (joonis L 2.11).



Joonis L 2.11. Mädanikkahjustusega vahelaetugipostid. (Allikas: autorite erakogu)

Katuse seisukord

Hoone katus on 45 kraadise kalde all asbesti sisaldav eterniit (joonis L 2.12). Katuse sarikad on ümarpalgist 200-220mm läbimõõduga ja 1200mm sammuga ning roovid 200x28mm, sammuks 500mm. Puudub vihmaveesüsteem ja tuulekast ning roovid on ilmastikule avatud ja selle tõttu ka mädanikkahjustusega (joonis L 2.13). Katusekattel kasvab ka sammal, mis takistab vee liikumist katusel ja hoiab katusekatte niiskena, mis soodustab selle lagunemist ja vähendab oluliselt katuse tööiga.



Joonis L 2.12. Kohati sammaldunud hoone katus. (Allikas: autorite erakogu)

Lisa 2.4 järg.



Joonis L 2.13. Mädanikkahjustusega roov. (*Allikas: autorite erakogu*)

Katusekate oli mõnes kohas ka natukene purunenud, aga väikesed lekkekohad võivad samamoodi põhjustada olulisi niiskuskahjustusi kui suured lekkekohad, sest igast väikesest lekkekohast imbub iga vihmaga katusetarindisse vett (joonis L 2.14). Sellest tulenevalt olid mõned roovid ja pennid kahjustunud (joonis L 2.15). Enamasti oli katusekatte alusmaterjal olemas, kuid lekete kohtade juures oli see purunenud (joonis L 2.14). Katuse kandekonstruktsioonides oli näha ka koorega laudu ning prusse, mis võivad kujutada endast riski putukakahjustuste arenguks ja levikuks.



Joonis L 2.14. Läbijooksu kohad katusekattes. (*Allikas: autorite erakogu*)

Lisa 2.4 järg.



Joonis L 2.15. Mädanikkahjustus roovil ja pennil. (*Allikas: autorite erakogu*)

Avatäidete seisukord

Hoone aknad oli ühekordse klaasi ja raamiga puitaknad ning puidust laudisega raamuksed. Akendel puudusid veeplekid ja vesi on pääsenud seinakonstruktsioonidele ning neid lagundanud (joonis L 2.16). Uksed ja aknad olid kibrutanud ja kestendanud ning kohati ka mädanikkahjustustega (joonised L 2.16 ja 2.17).



Joonis L 2.16. Kahjustunud aknaraami alused silikaattellised. (*Allikas: autorite erakogu*)

Lisa 2.4 järg.



Joonis L 2.17. Mädanikkahjustusega uksed. (Allikas: autorite erakogu)

Küttesüsteemide seisukord

Hoonel puuduvad küttesüsteemid.

Elektrisüsteemide seisukord

Hoone elektrisüsteemid on renoveeritud viimati 1999. aastal ja elekter on kuuri ning garaaži osal, kuid vajavad välja vahetamist.

Vee- ja kanalisatsioonisüsteemide seisukord

Hoonesse tuleb vesi pumbamajast, kuid veesüsteem on rajatud 1972. aastal ning vajab välja vahetamist. Täna sel päeval seda ei kasutata. Kanalisatsiooni vesi on juhitud põranda alla.

Visuaalse hindamise teel hinnatud hoone osade hinded on koondatud tabelisse L 2.4.

Tabel L 2.4. Hoone osade ehitustehnilise seisukorra hinnang

Hoone osad	0 – avariiline	1 – halb	2 – rahuldav	3 – hea
Vundamentide keskmine hinne – HV		1		
Seinte keskmine hinne – HS		1		
Vahelagede keskmine hinne – HVa			2	
Katuste keskmine hinne – HK			2	
Põhiliste ehituslike süsteemide keskmine hinne		1,5		
Uste ja akende keskmine hinne – HUA		1		
Ühiskondlike ruumide keskmine hinne – HR			2	

Teiste ehituslike süsteemide keskmine hinne		1,5		
Küttesüsteemide keskmine hinne – HKU	-			
Veevarustuse keskmine hinne – HV		1		
Kanaliseerimisüsteemide keskmine hinne – HKA		1		
Elektrisüsteemide keskmine hinne – HE		1		
Tehniliste süsteemide keskmine hinne		1,33		
Kogu hoone keskmine hinne		1,47		

Põhiliste ehituslike süsteemide keskmine hinne:

$$HP = \frac{HV + HS + HVa + HK}{4} = \frac{1 + 1 + 2 + 2}{4} = 1,5$$

Teiste ehituslike süsteemide keskmine hinne:

$$HTe = \frac{HUA + HR}{2} = \frac{1 + 2}{2} = 1,5$$

Tehniliste süsteemide keskmine hinne:

$$HT = \frac{HV + HKA + HE}{3} = \frac{1 + 1 + 2}{3} = 1,33$$

Kogu hoone keskmine hinne:

$$H = \frac{HP + \frac{HTe}{25} + \frac{HT}{5}}{1,24} = \frac{1,5 + \frac{1,5}{25} + \frac{1,33}{5}}{1,24} = 1,47$$

Hoone ehitustehnilise seisukorra hindeks kujunes välja 1,47, mis kaldub „halva“ poole. See hinne näitab, et hoone ei ole heas seisukorras ja esineb mitmeid kahjustusi ning kindlasti on vaja ulatuslikke renoveerimis- ja rekonstrueerimistöid teostada.

2.5 Kuuri ehitustehnilise seisukorra hindamine (Teostatud fotode asukohad on märgitud lisas 7, joonis 7.12.)

Vundamendi seisukord

Hoone vundamendiks oli maakivi, mis kaetud betooniga ja maapealse osa kõrgus 600-700mm. Vundamendis esines mitmes kohas suuri pragusid (joonis L 2.1), mis võibolla tingitud kas sinna pääsenud veest veelaua puudumise tõttu, iga-aastaste külmakerke ja vajumiste pärast või maapinna vajumisest.

Lisa 2.5 järg.



Joonis L 2.1. Praod vundamendis. (*Allikas: autorite erakogu*)

Seinte seisukord

Hoone karkass oli tahatud palkidest, mis väljast kaetud laudisega. Päikese käest varjus küljel oli nii sees kui väljas mädanikkahjustusega seinatalad ja voodrilauad. Puudus vihmaveesüsteem ja konstruktsioonidele sattuv vesi ei kuiva välja (joonis L 2.2).



Joonis L 2.2. Mädanikkahjustusega seinatala ja voodrilaud. (*Allikas: autorite erakogu*)

Kuna katusetalad olid tugevalt kaetud mädanik-ja seenkahjustusega, siis hoone seinad on viltu vajunud (joonis L 2.3).

Lisa 2.5 järg.



Joonis L 2.3. Viltu vajunud sein. (*Allikas: autorite erakogu*)

Katuse seisukord

Hoonel laastukatus oli kaetud tõrvapapiga, kuid see katusekate oli suures osas lagunenud ja esines väga palju lekkekohti (joonis L 2.4). Sellest tulenevalt oli väga palju mädanik- ja seenkahjustusega kohti, sest vesi pääseb kerge vaevaga konstruktsioonidele ning ei kuiva sealt välja, moodustades püsivalt niiske keskkonna (joonis L 2.5). Hoonel puudus ka vihmaveesüsteem.



Joonis L 2.4. Lekkekohad katuses. (*Allikas: autorite erakogu*)

Lisa 2.5 järg.



Joonis L 2.5. Mädanik- ja seenkahjustusega laetalad. (*Allikas: autorite erakogu*)

Kahjustused olid niivõrd suured, et mõnes kohas olid laetalad paigast nihkunud ja läbivajunud ning on kokkuvarisemise oht (joonis L 2.6).



Joonis L 2.6. Läbivajunud tala. (*Allikas: autorite erakogu*)

Avatäidete seisukord

Hoonel oli laudisused, mis ei püsinud enam hingedel ja olid viltu vajunud ning laudis seal peal oli mädanikkahjustusega (joonis L 2.7).

Lisa 2.5 järg.



Joonis L 2.7. Kahjustunud hoone uksed. (Allikas: autorite erakogu)

Küttesüsteemide seisukord

Hoonel puuduvad küttesüsteemid.

Elektrisüsteemide seisukord

Hoonel puuduvad elektrisüsteemid.

Vee- ja kanalisatsioonisüsteemide seisukord

Hoonel puuduvad vee- ja kanalisatsioonisüsteemid.

Visuaalse hindamise teel hinnatud hoone osade hinded on koondatud tabelisse L 2.5.

Tabel L 2.5. Hoone osade ehitustehnilise seisukorra hinnang.

Hoone osad	0 – avariiline	1 – halb	2 – rahuldav	3 – hea
Vundamentide keskmine hinne – HV	0			
Seinte keskmine hinne – HS	0			
Vahelagede keskmine hinne – HVa	0			
Katuste keskmine hinne – HK	0			
Põhiliste ehituslike süsteemide keskmine hinne	0			
Uste ja akende keskmine hinne – HUA	0			
Ühiskondlike ruumide keskmine hinne - HR	0			
Teiste ehituslike süsteemide keskmine hinne	0			

Küttesüsteemide keskmine hinne – HKU	-			
Veevarustuse keskmine hinne – HV	-			
Kanaliseerimisüsteemide keskmine hinne – HKA	-			
Elektrisüsteemide keskmine hinne – HE	-			
Tehniliste süsteemide keskmine hinne	-			
Kogu hoone keskmine hinne	0			

Põhiliste ehituslike süsteemide keskmine hinne:

$$HP = \frac{HV + HS + HVa + HK}{4} = \frac{0 + 0 + 0 + 0}{4} = 0$$

Teiste ehituslike süsteemide keskmine hinne:

$$HTe = \frac{HUA + HR}{2} = \frac{0 + 0}{2} = 0$$

Kogu hoone keskmine hinne:

$$H = \frac{HP + \frac{HTe}{25} + \frac{HT}{5}}{1,24} = \frac{0 + \frac{0}{25}}{1,24} = 0$$

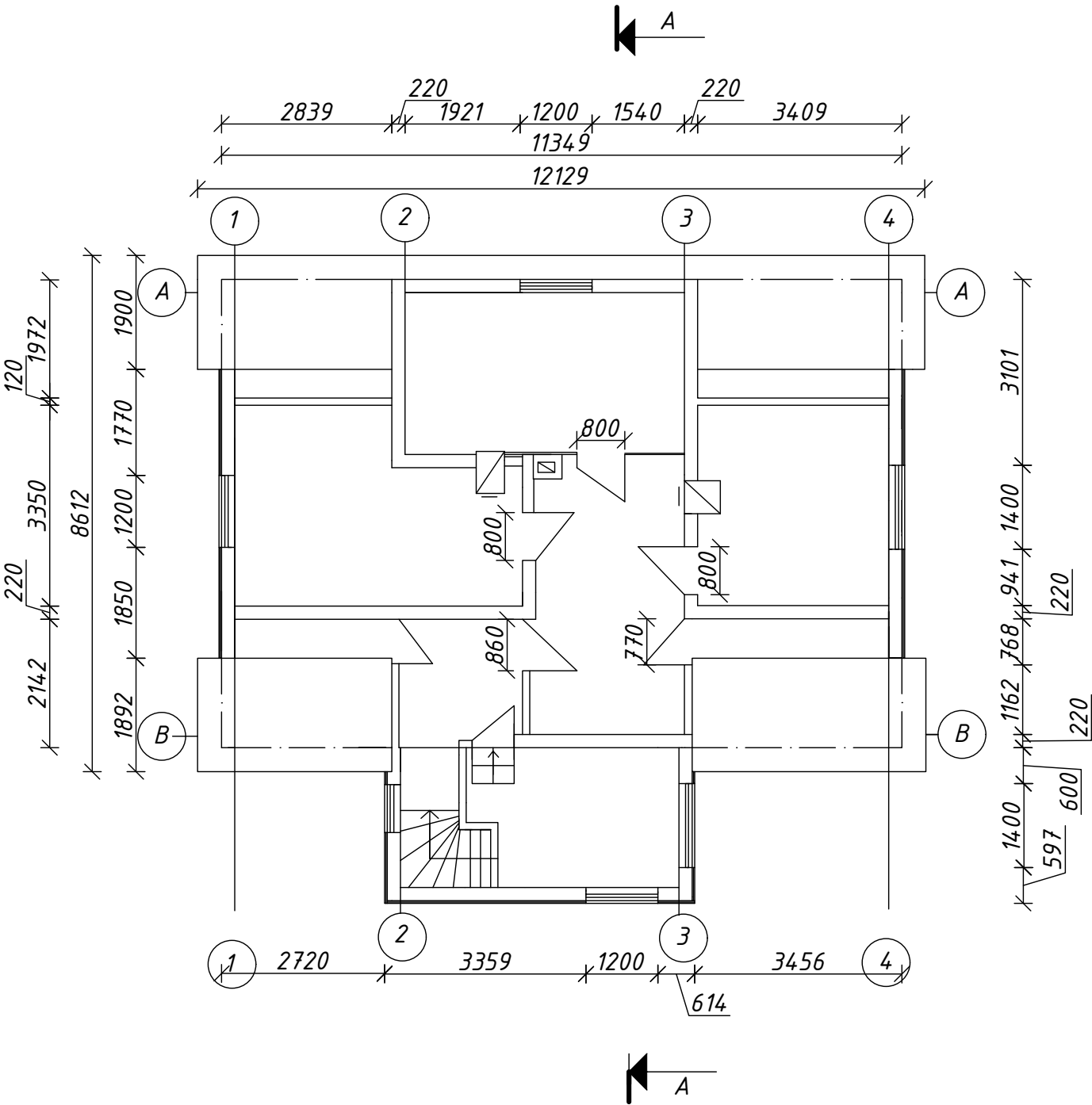
Hoone ehitustehnilise seisukorra hindeks kujunes välja 0, mis tähendab, et hoone on tugevalt avariiline ja seal viibimine on eluohtlik.


Lisa 3. Eluhoone renoveerimiseelsed joonised

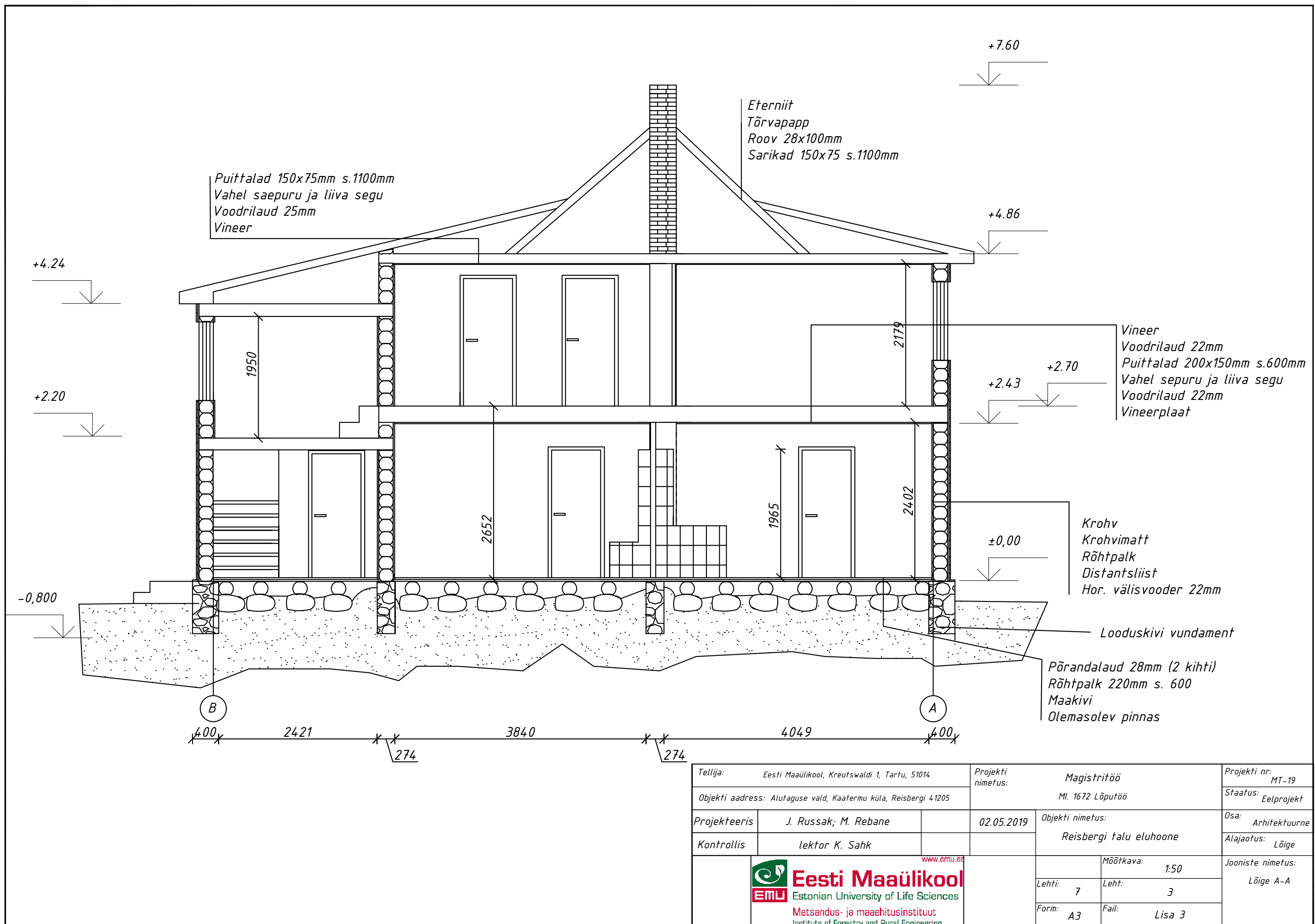
Käesolevas lisas on toodud on toodud järgnevad joonised:


I korruse plaan	1:100
II korruse plaan	1:100
Lõige A-A	1:50
Vundamendisõlm	1:20
I korruse põranda sõlm	1:20
Väliseina ja II korruse pööninglae sõlm	1:20
I korruse kahjustuste plaan	1:100
II korruse kahjustuste plaan	1:100

II korruse plaan

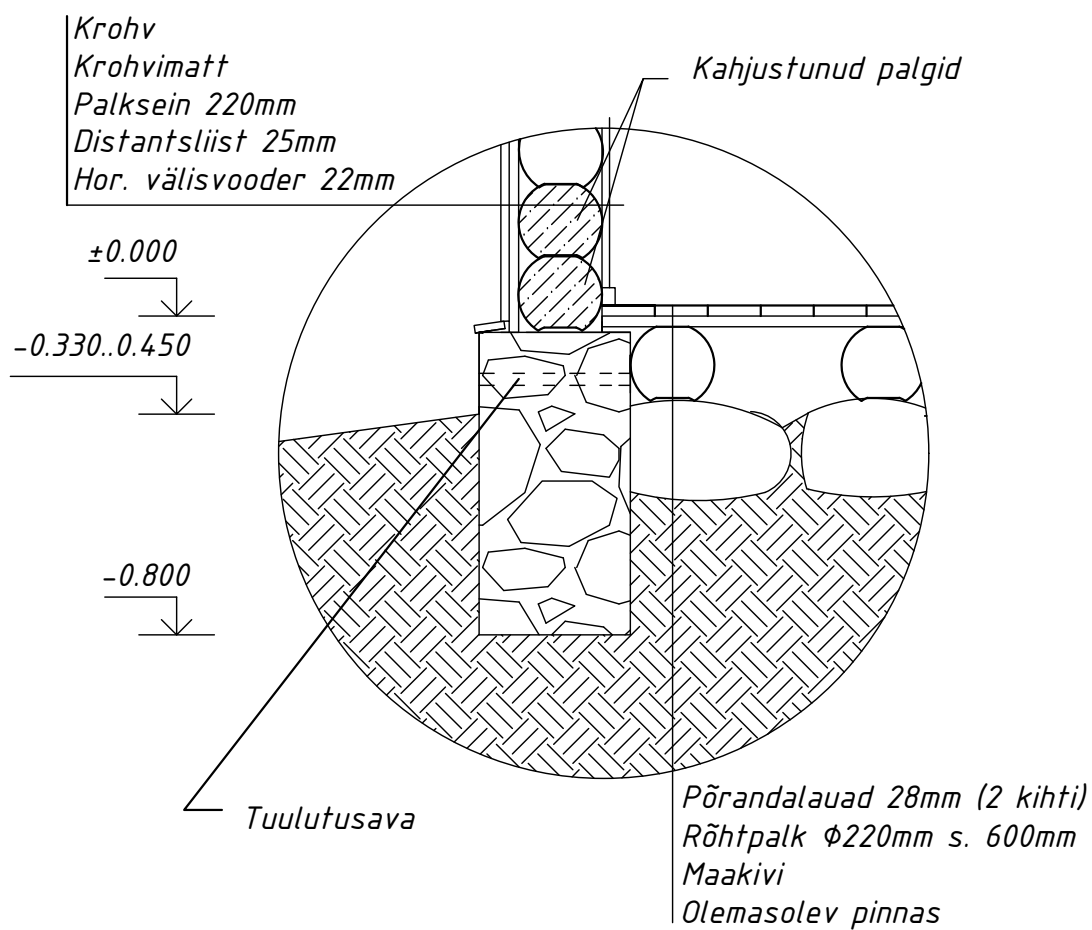



Tellija: Eesti Maaülikool, Kreutswaldi 1, Tartu, 51014			Projekti nimetus: Magistritöö Ml. 1672 Lõputöö		Projekti nr: MT-19
Objekti aadress: Kõruse vald, Kaatermu küla, Reisbergi 41205					Staatus: Eelprojekt
Projekteeris	J. Russak; M. Rebane		02.05.2019	Objekti nimetus: Reisbergi talu eluhoone	Osa: Arhitektuurne
Kontrollis	lektor K. Sakh				Alajaotus: Plaan
	 Eesti Maaülikool Estonian University of Life Sciences Metsandus- ja maaehitusinstituut Institute of Forestry and Rural Engineering			Mõõtkava: 1:100	Jooniste nimetus: II korruse plaan
			Lehti: 7	Leht: 2	
			Form: A3	Fail: Lisa 3	



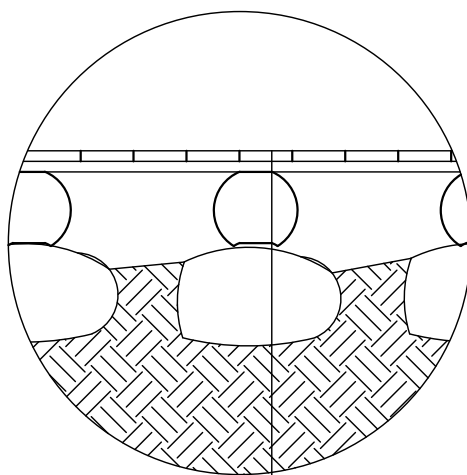
Tellija: Eesti Maaülikool, Kreutswaldi 1, Tartu, 51014			Projekti nimetus: Magistritöö		Projekti nr: MT-19
Objekti aadress: Alutaguse vald, Kaatermu küla, Reisbergi 41205			Ml. 1672 Lõputöö		Staatus: Eelprojekt
Projekteeris	J. Russak; M. Rebane		02.05.2019	Objekti nimetus: Reisbergi talu eluhoone	Osa: Arhitektuurne
Kontrollis	lektor K. Sähk				Alajaotus: Lõige
	 Eesti Maaülikool Estonian University of Life Sciences Metsandus- ja maaehitusinstituut Institute of Forestry and Rural Engineering	www.emu.ee		Mõõtkava: 1:50	Jooniste nimetus: Lõige A-A
			Lehti: 7	Leht: 3	
			Form: A3	Fail: Lisa 3	

Renoveerimiseelne vundamendisõlm




Tellija: Eesti Maaülikool, Kreutswaldi 1, Tartu, 51014			Projekti nimetus: Magistritöö Ml. 1672 Lõputöö		Projekti nr: MT-19	
Objekti aadress: Alutaguse vald, Kaatermu küla, Reisbergi 41205					Staatus: Eelprojekt	
Projekteeris	J. Russak; M. Rebane		02.05.2019	Objekti nimetus: Reisbergi talu eluhoone	Osa: Arhitektuurne	
Kontrollis	lektor K. Sakk				Alajaotus: Sõlm	
	 Eesti Maaülikool Estonian University of Life Sciences Metsandus- ja maaehitusinstituut Institute of Forestry and Rural Engineering www.emu.ee			Mõõtkava: 1:20	Jooniste nimetus: Vundamendisõlm	
				Lehti: 7		Leht: 4
				Form: A4		Fail: Lisa 3

Põranda renoveerimiseelne lahendus



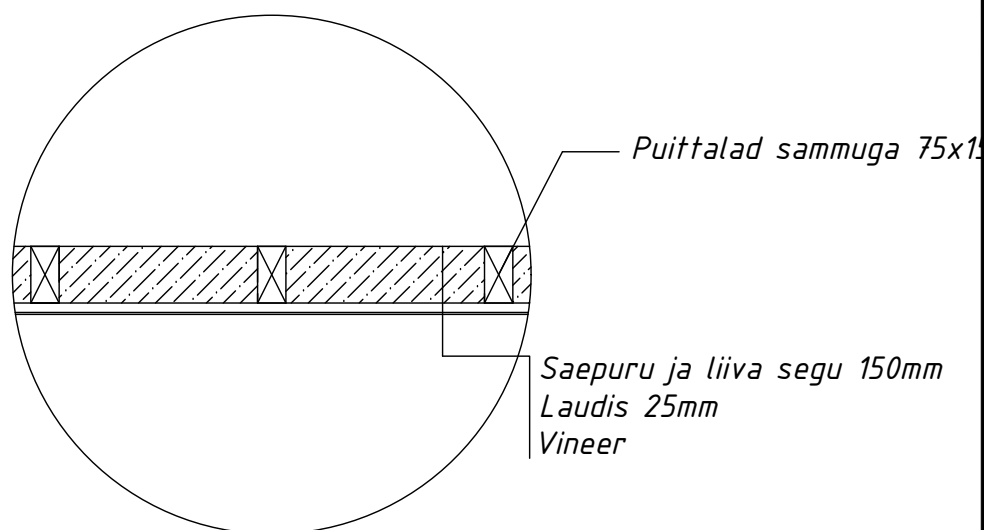
*Põranda laudis 28mm (2 kihti)
Palgid Ø220mm s. 600mm
Maakivi
Pinnas*


Tellija: Eesti Maaülikool, Kreutswaldi 1, Tartu, 51014			Projekti nimetus: Magistritöö		Projekti nr: MT-19
Objekti aadress: Alutaguse vald, Kaatermu küla, Reisbergi 41205			Ml. 1672 Lõputöö		Staatus: Eelprojekt
Projekteeris	J. Russak; M. Rebane		02.05.2019	Objekti nimetus: Reisbergi talu eluhoone	Osa: Arhitektuurne
Kontrollis	lektor K. Sahk				Alajaotus: Sõlmed
 Eesti Maaülikool Estonian University of Life Sciences Metsandus- ja maaehitusinstituut Institute of Forestry and Rural Engineering www.emu.ee				Möötkava: 1:20	Jooniste nimetus: Põranda sõlm
			Lehti: 7	Leht: 5	
			Form: A4	Fail: Lisa 5	

Renoveerimiseelne välissein

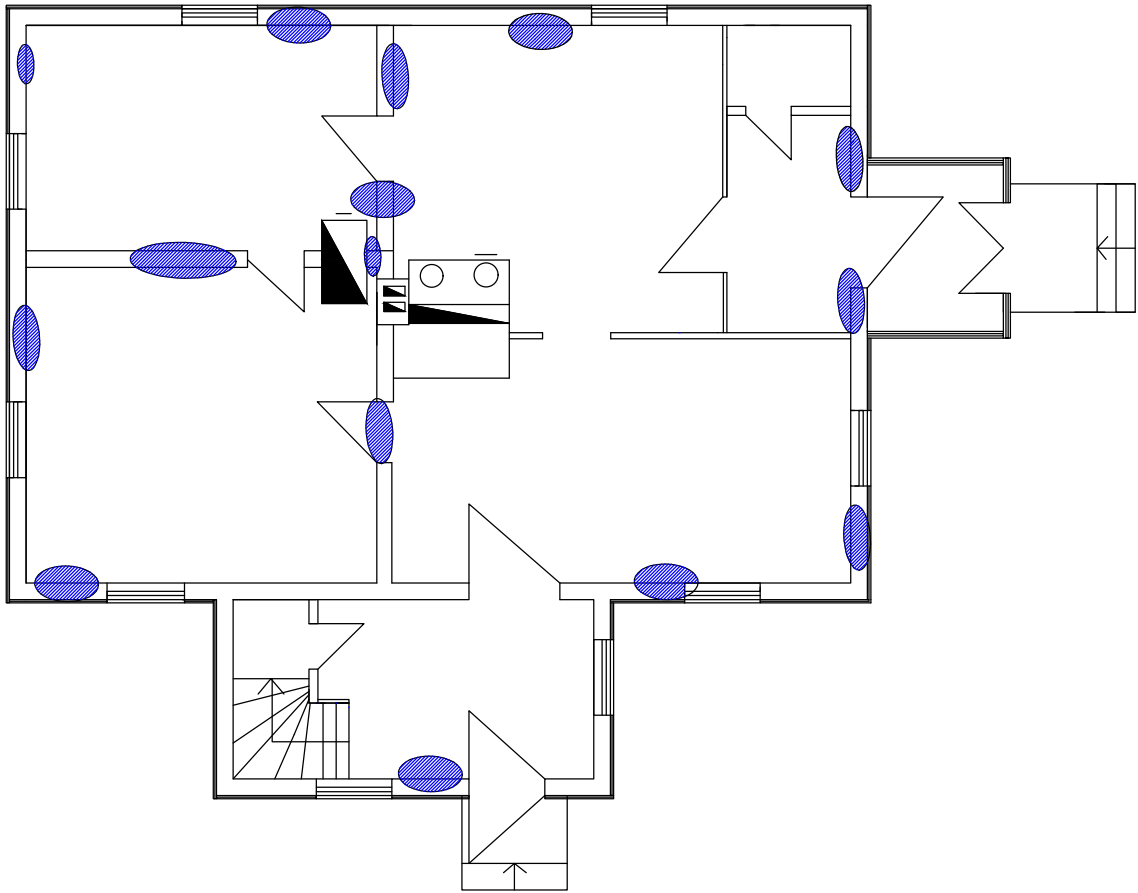


Pööningu vahelae renoveerimiseelne olukord



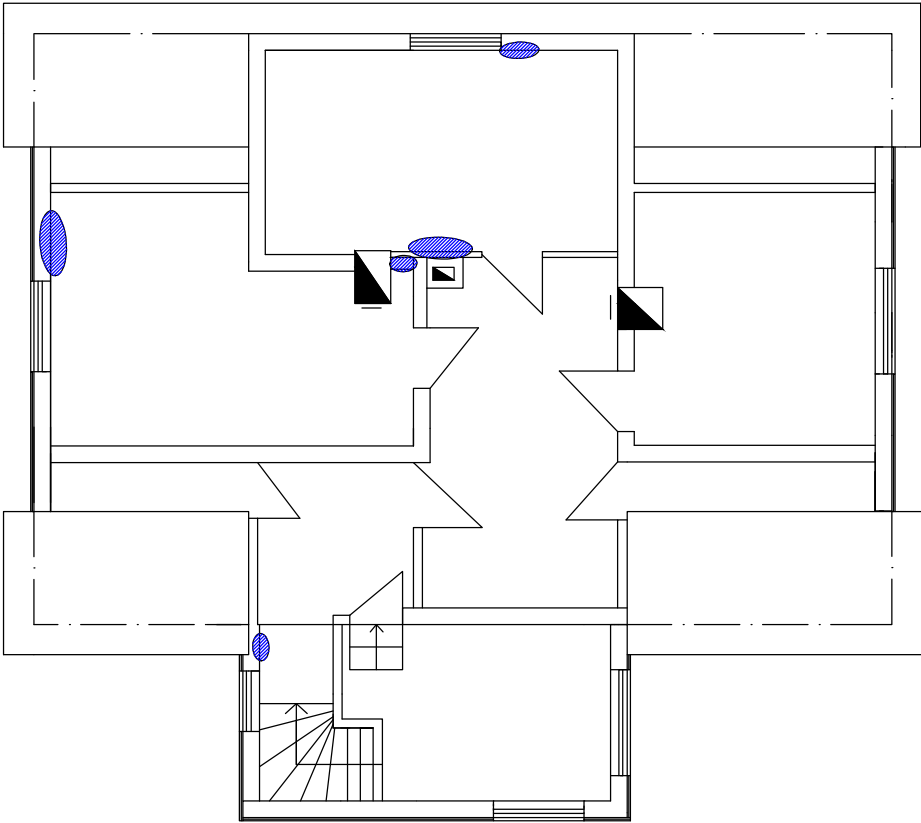
Tellija: Eesti Maaülikool, Kreutswaldi 1, Tartu, 51014		Projekti nimetus: Magistritöö		Projekti nr: MT-19
Objekti aadress: Alutaguse vald, Kaatermu küla, Reisbergi 41205		Ml. 1672 Lõputöö		Staatuse: Eelprojekt
Projekteeris	J. Russak; M. Rebane	02.05.2019	Objekti nimetus: Reisbergi talu eluhoone	Osa: Arhitektuurne
Kontrollis	lektor K. Sahk			Alajaotus: Sõlm
 Eesti Maaülikool Estonian University of Life Sciences Metsandus- ja maaehitusinstituut Institute of Forestry and Rural Engineering			Möötkava: 1:20	Jooniste nimetus:
		Lehti: 7	Leht: 6	seina ja vahelaesõlm
		Form: A4	Fail: Lisa 3	


I korruse kahjustuste plaan



 Kahjustused siseviimistluses

II korruse kahjustuste plaan



Tellija: Eesti Maaülikool, Kreutswaldi 1, Tartu, 51014			Projekti nimetus: Magistritöö Ml. 1672 Lõputöö		Projekti nr: MT-19	
Objekti aadress: Kaatermu vald, Kaatermu küla, Reisbergi 41205					Staatus: Eelprojekt	
Projekteeris	J. Russak; M. Rebane		02.05.2019	Objekti nimetus: Reisbergi talu eluhoone		Osa: Arhitektuurne
Kontrollis	lektor K. Sähk					Alajaotus: Plaan
	 Eesti Maaülikool Estonian University of Life Sciences Metsandus- ja maaehitusinstituut Institute of Forestry and Rural Engineering				Mõõtkava: 1:100	Jooniste nimetus:
				Lehti: 7	Leht: 7	I ja II korruse plaan
				Form: A3	Fail: Lisa 3	

Lisa 4. Vastupanu puurimise ja niiskussisalduse joonised ja profiilid

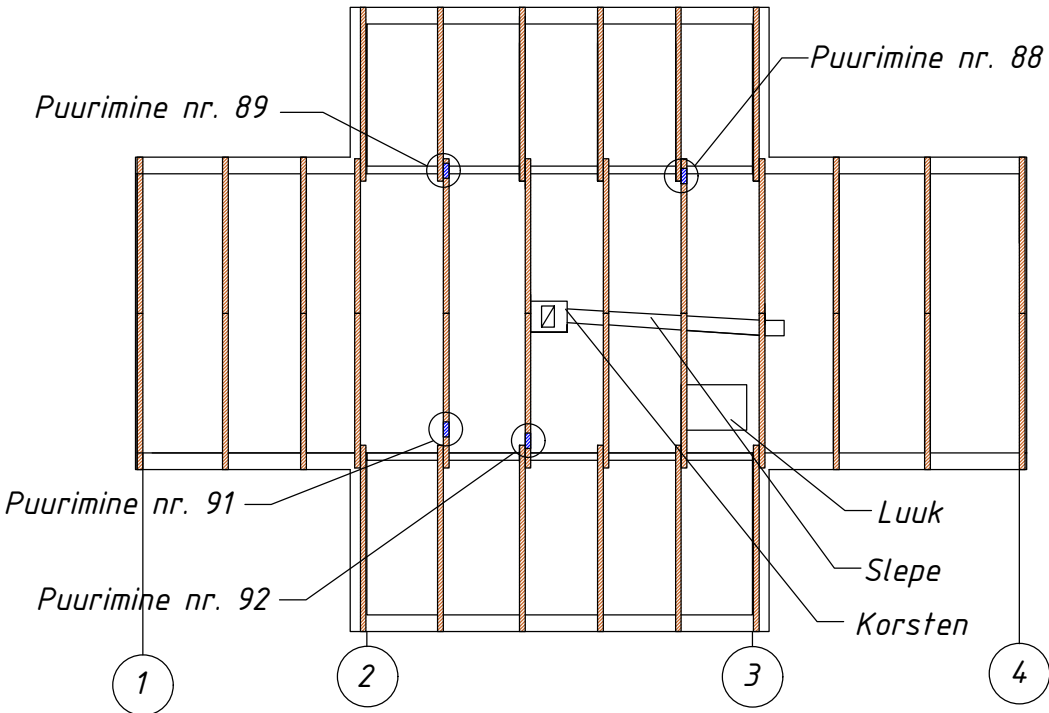
Käesolevas lisas on toodud järgnevad joonised:

Katuse sarikate ja laetalade plaan mõõtmis kohtadega

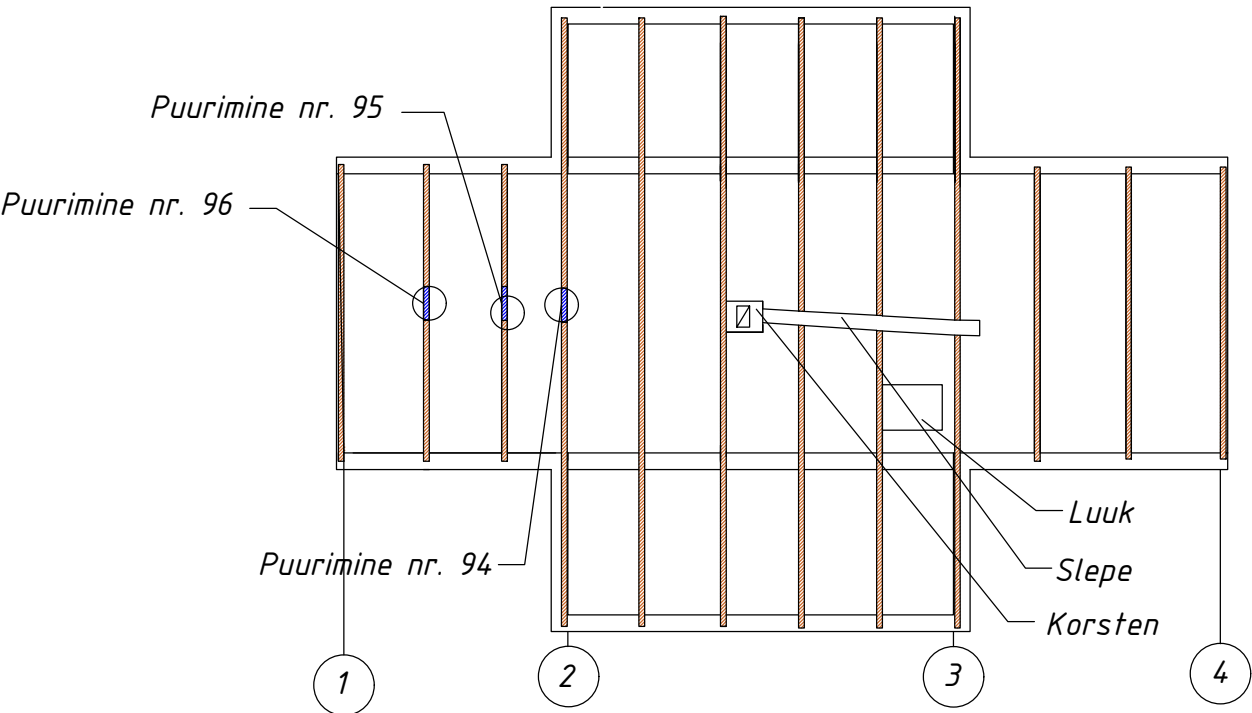
1:100



Resistograafi puurimistulemuste profiilid


Sarikate plaan



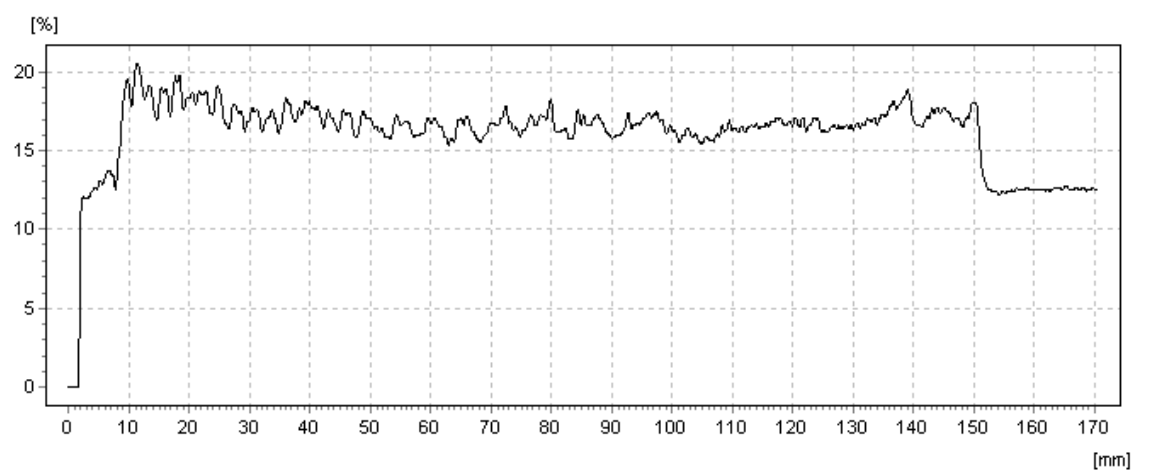
Laetalade plaan



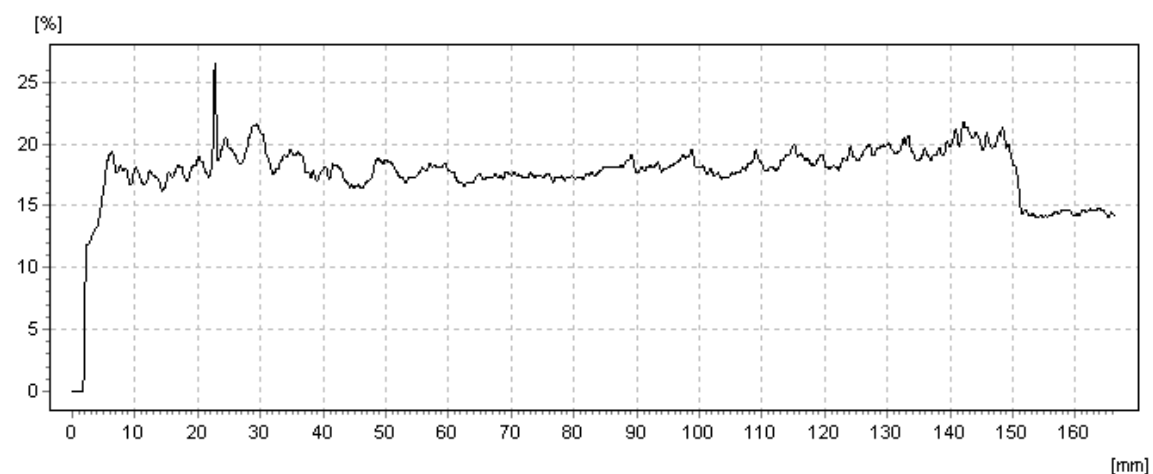
-  Sarikad/laetalad
-  Sarika/laetala kahjustunud osa, kus teostati vastupanu puurimine ning niiskuse mõõtmine

Tellija: Eesti Maaülikool, Kreutswaldi 1, Tartu, 51014			Projekti nimetus: Magistritöö		Projekti nr: MT-19
Objekti aadress: Alutaguse vald, Kaatermu küla, Reisbergi 41205			Ml. 1672 Lõputöö		Staatuse: Eelprojekt
Projekteeris	J. Russak; M. Rebane		02.05.2019	Objekti nimetus: Reisbergi talu eluhoone	Osa: Arhitektuurne
Kontrollis	lektor K. Sakh				Alajaotus: Plaan
 Eesti Maaülikool Estonian University of Life Sciences Metsandus- ja maaehitusinstituut Institute of Forestry and Rural Engineering			Mõõtkava: 1:100		Jooniste nimetus: Katuse plaan
			Lehti: 1	Leht: 1	
			Form: A3	Fail: Lisa 4	

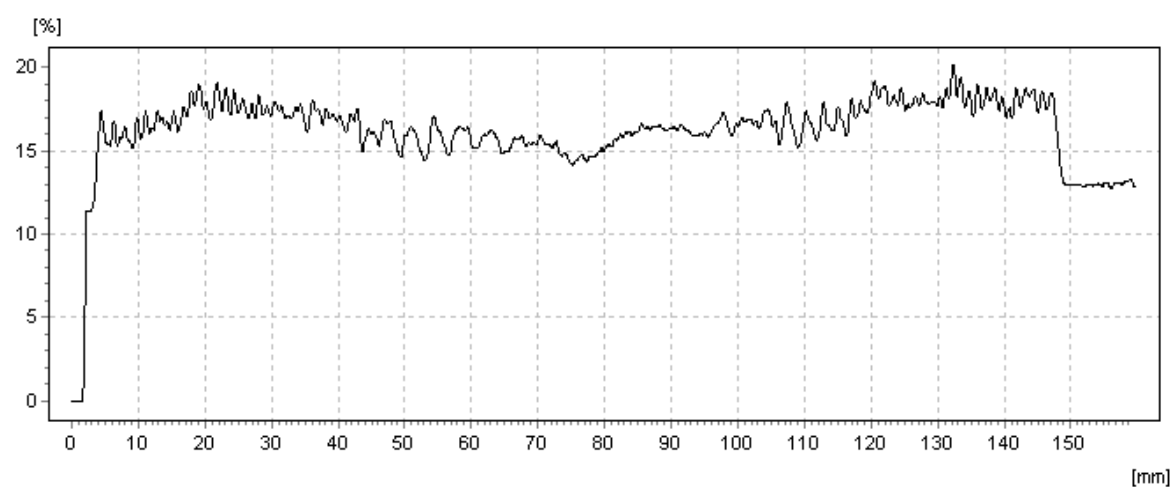
Lisa 4 järg.



Joonis L. 4.2. Sarika Puurimine nr. 88.

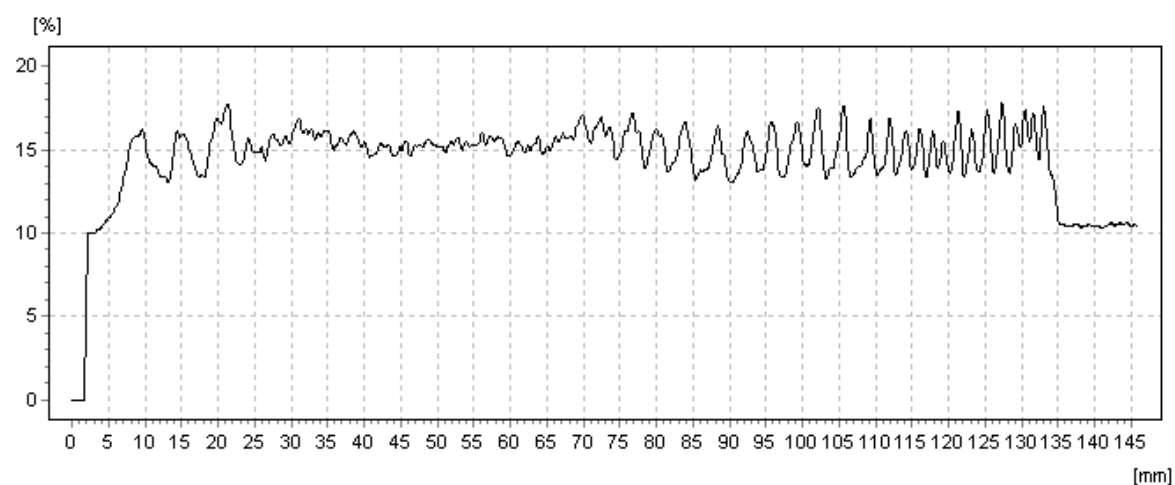


Joonis L. 4.3. Sarika puurimine nr. 89.

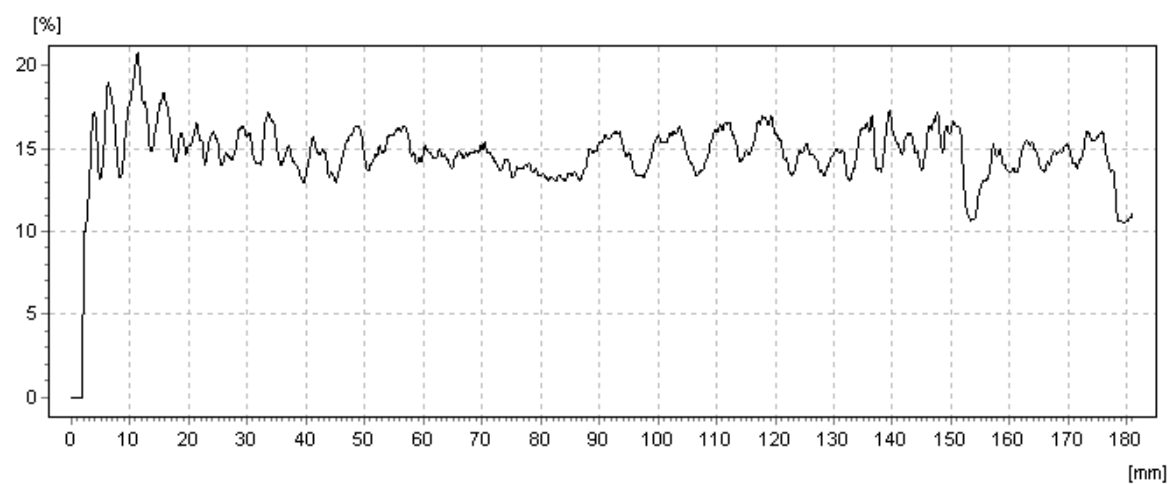


Joonis L. 4.4. Sarika puurimine nr. 91.

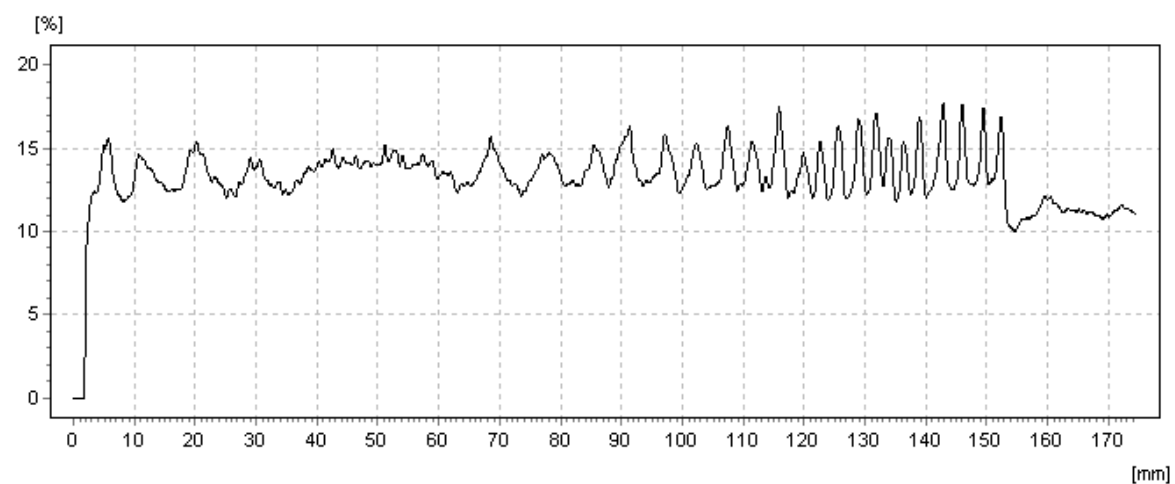
Lisa 4 järg.



Joonis L. 4.5. Sarika puurimine nr. 92.

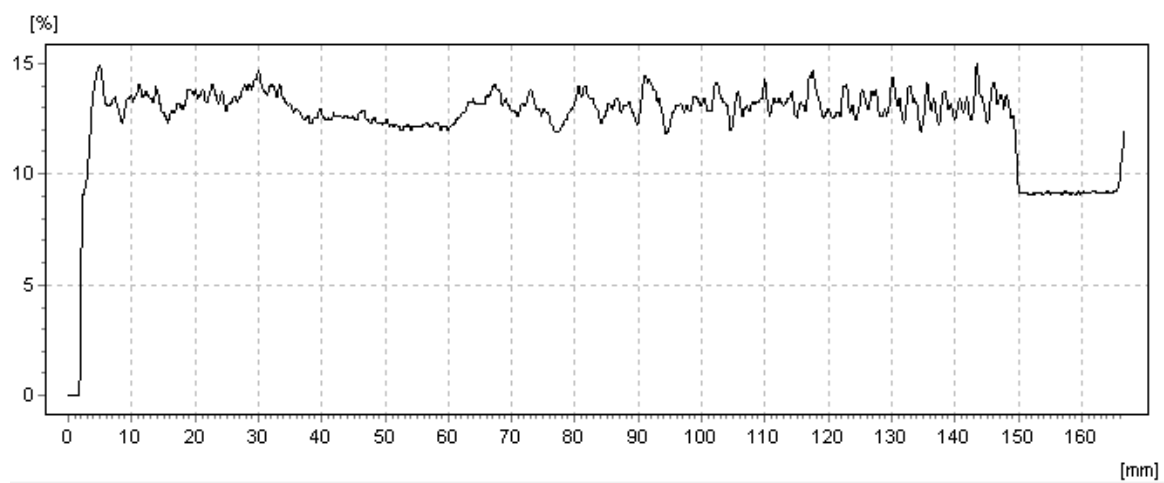


Joonis L. 4.6. Lae tala puurimine nr. 94.



Joonis L. 4.7. Lae tala puurimine nr. 95.

Lisa 4 järg.

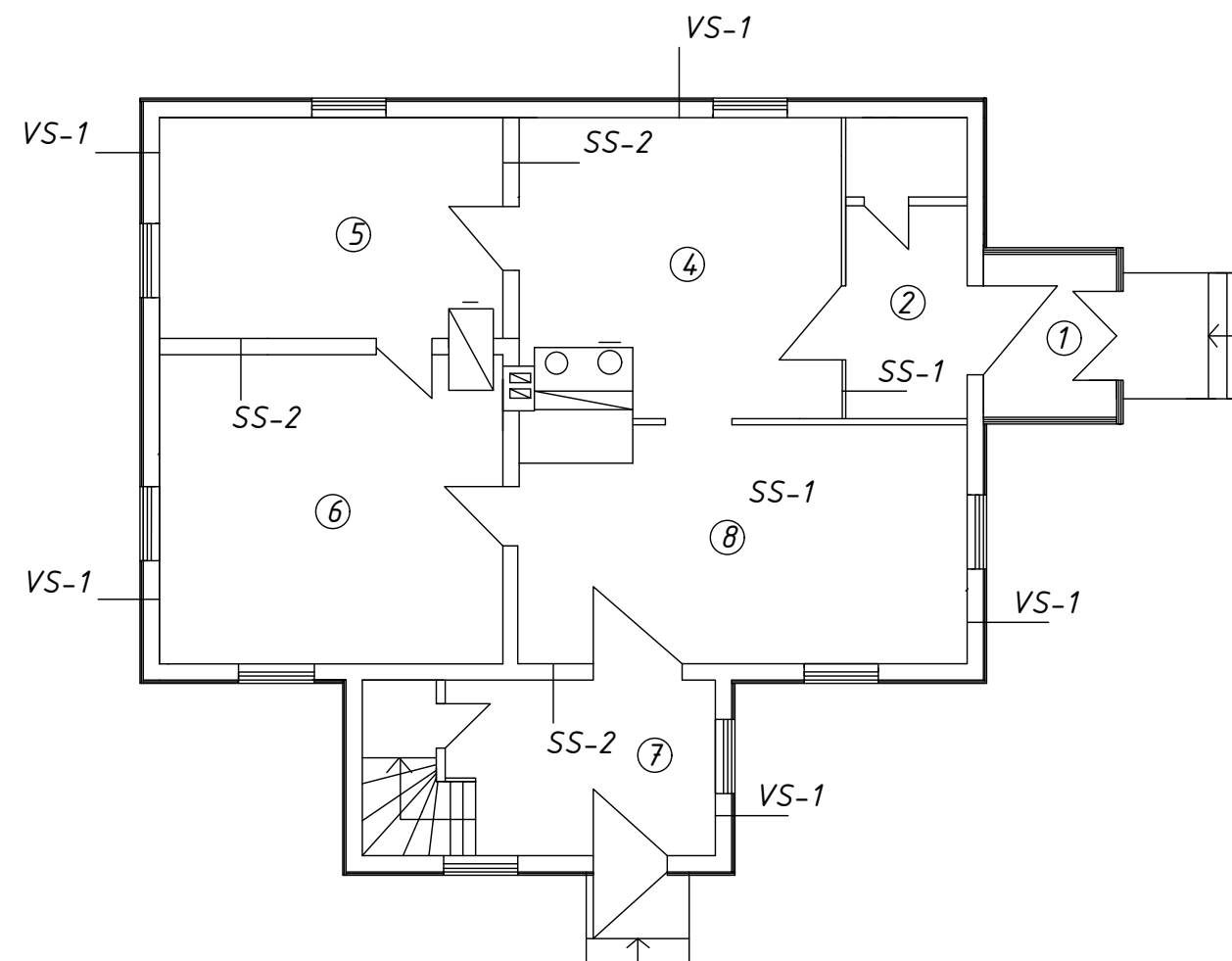


Joonis L. 4.8. Lae tala puurimine nr. 96.

Lisa 5. Renoveerimis lahenduste joonised

Käesolevas lisas on esitatud järgnevad joonised:

I korruse siseviimistluse plaan	1:100
II korruse siseviimistluse plaan	1:100
Lõige A-A	1:50
Vundamendisõlm	1:20
I korruse põranda sõlm	1:20
Väliseina ja II korruse pööninglae sõlm	1:20
Vaade idast ja läänest	1:100
Vaade põhjast ja lõunast	1:100




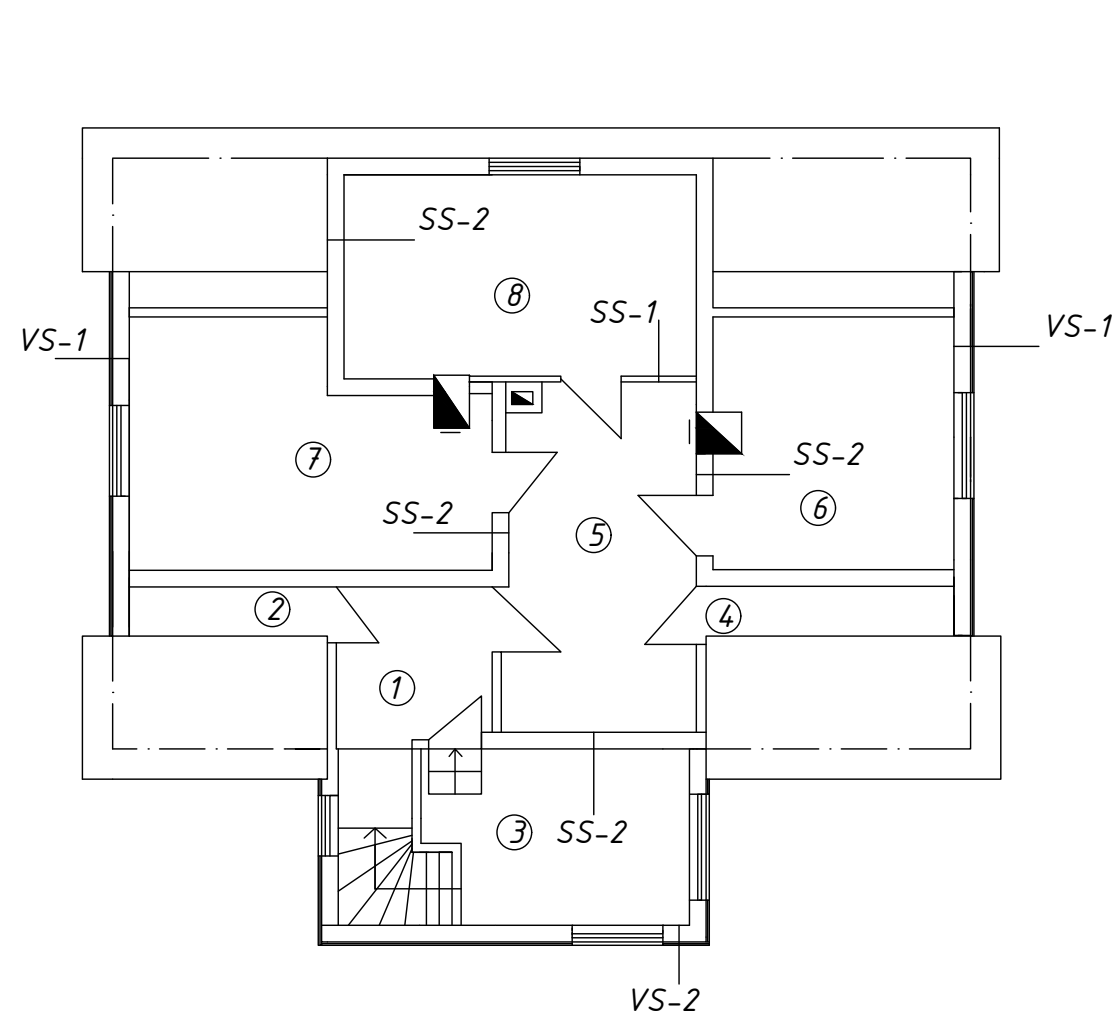
- 1 - Tuulekoda 3,8m²
- 2 - Esik 5,1m²
- 3 - WC, vannituba 1,5m²
- 4 - Köök 14,1m²
- 5 - Tuba 15,8m²
- 6 - Tuba 21,8m²
- 7 - Trepikoda 6,4m²
- 8 - Tuba 18,1m²

- VS-1 - Krohv 15mm
- Krohvimatt
 - Palksein 220mm
 - Õhutõkkepaber
 - Roovitus 50x100mm
 - Mineraalvill Isover KL33 100mm
 - Tuuletõkkeplaat 30mm
 - Distantслиist/õhkvahe 25mm
 - Hor. välisvooder 22mm

- SS-1 - Tapeet
- soome papp
 - puitkarkass 70mm
 - soome papp
 - tapeet

- SS-2 - Krohv
- rõhtpalk 220mm
 - krohv


Tellija: Eesti Maaülikool, Kreutswaldi 1, Tartu, 51014			Projekti nimetus: Magistritöö		Projekti nr: MT-19
Objekti aadress: Alutaguse vald, Kaatermu küla, Reisbergi 41205			Ml. 1672 Lõputöö		Staatuse: Eelprojekt
Projekteeris	J. Russak; M. Rebane		02.05.2019	Objekti nimetus:	Osa: Arhitektuurne
Kontrollis	lektor K. Sakh			Reisbergi talu eluhoone	Alajaotus: Plaan
 Eesti Maaülikool Estonian University of Life Sciences Metsandus- ja maaehitusinstituut Institute of Forestry and Rural Engineering				Mõõtkava: 1:100	Jooniste nimetus: I korruse plaan
				Lehti: 8	
				Form: A3	
				Fail: Lisa 5	

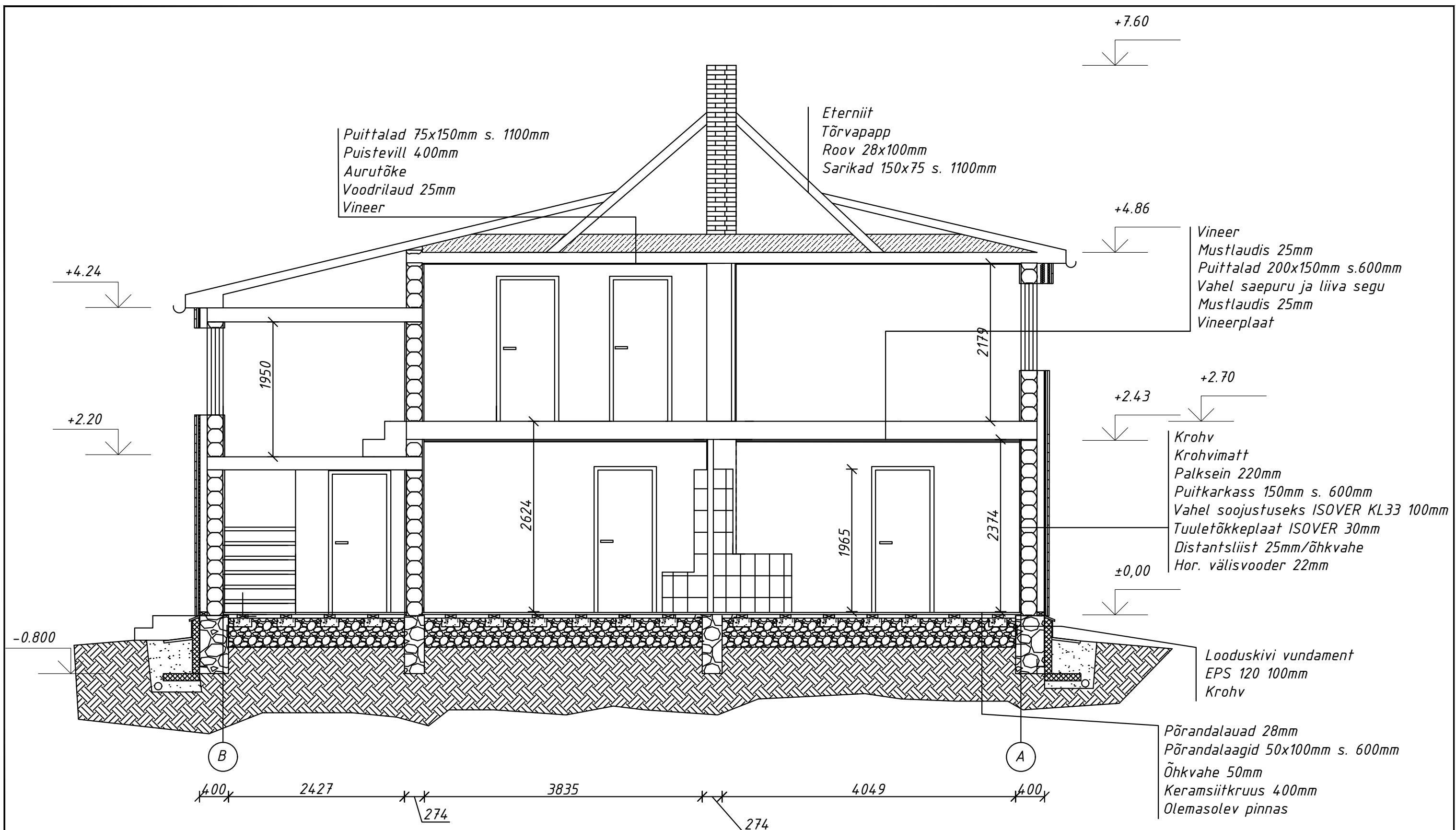



- 1 - Trepikoda 3,6m²
- 2 - Sahver 1,8m²
- 3 - Tuba 6,4m²
- 4 - Sahver 1,8m²
- 5 - Koridor 7,8m²
- 6 - Tuba 12,9m²
- 7 - Tuba 17m²
- 8 - Tuba 14m²

- VS-1 - Krohv 15mm
- Krohvimatt
 - Palksein 220mm
 - Õhutõkkepaber
 - Roovitus 50x100mm
 - Mineraalvill Isover KL33 100mm
 - Tuuletõkkeplaat 30mm
 - Distantisliist/õhkvahe 25mm
 - Hor. välisvooder 22mm

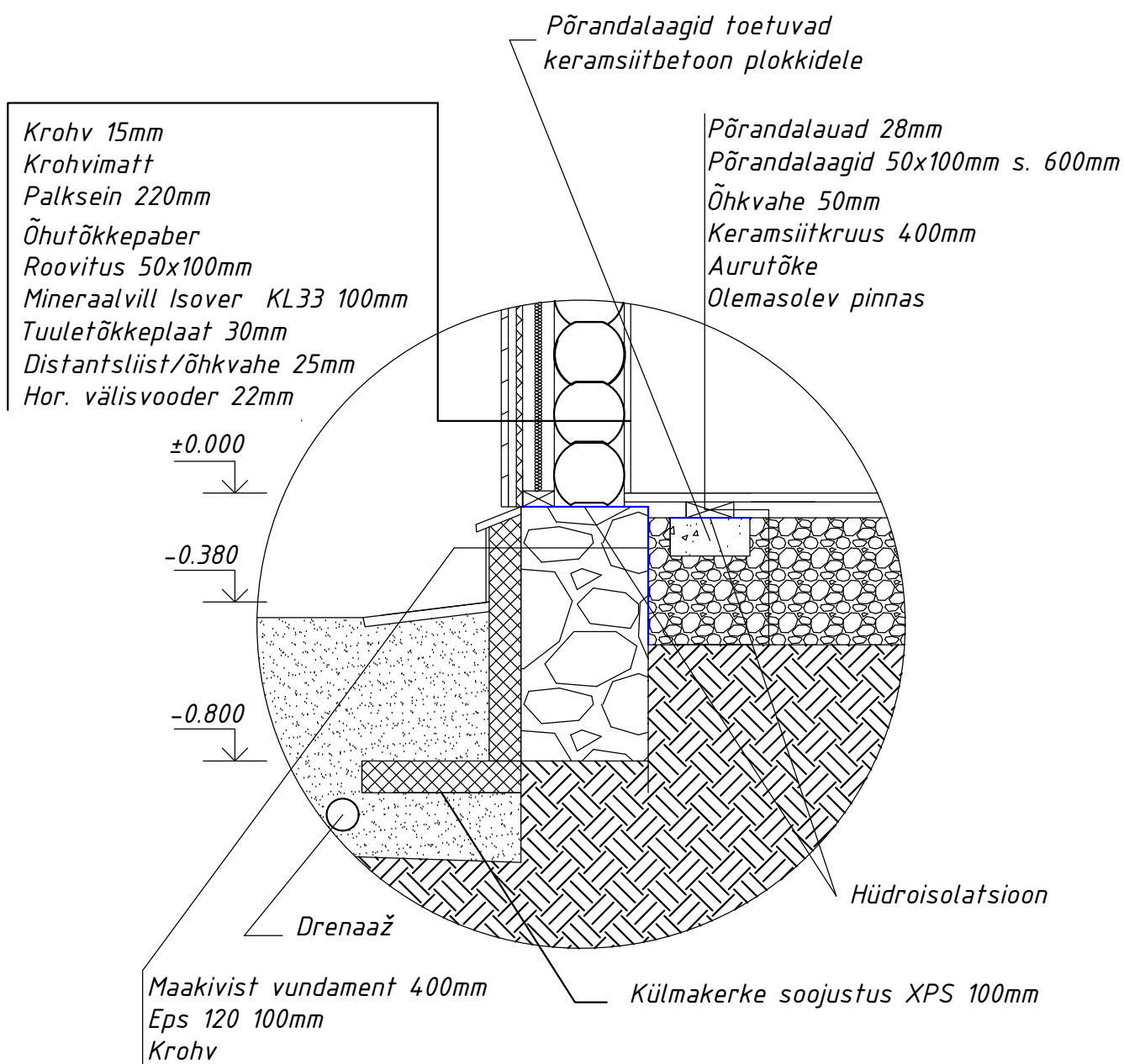
- SS-1 - Tapeet
- soome papp
 - puitkarkass 70mm
 - soome papp
 - tapeet
- SS-2 - Krohv
- rõhtpalk 220mm
 - krohv


Tellija: Eesti Maaülikool, Kreutswaldi 1, Tartu, 51014			Projekti nimetus: Magistritöö		Projekti nr: MT-19
Objekti aadress: Mõõdukuse vald, Kaatermu küla, Reisbergi 41205			Ml. 1672 Lõputöö		Staatuse: Eelprojekt
Projekteeris	J. Russak; M. Rebane		02.05.2019	Objekti nimetus:	Osa: Arhitektuurne
Kontrollis	lektor K. Sakh			Reisbergi talu eluhoone	Alajaotus: Plaan
 Eesti Maaülikool Estonian University of Life Sciences Metsandus- ja maaehitusinstituut Institute of Forestry and Rural Engineering				Mõõtkava: 1:100	Jooniste nimetus: II korruse plaan
				Lehti: 8	
				Form: A3	
				Fail: Lisa 5	



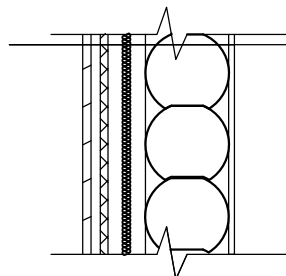
Tellija: Eesti Maaülikool, Kreutswaldi 1, Tartu, 51014			Projekti nimetus: Magistritöö Ml. 1672 Lõputöö		Projekti nr: MT-19	
Objekti aadress: Alutaguse vald, Kaatermu küla, Reisbergi 41205					Staatuse: Eelprojekt	
Projekteeris	J. Russak; M. Rebane		02.05.2019	Objekti nimetus: Reisbergi talu eluhoone		Osa: Arhitektuurne
Kontrollis	lektor K. Sahl					Alajaotus: Lõige
<div>Eesti Maaülikool Estonian University of Life Sciences Metsandus- ja maaehitusinstituut Institute of Forestry and Rural Engineering</div>					Jooniste nimetus: Lõige A-A	
			Mõõtkava: 1:50			
			Lehti: 8	Leht: 3		
			Form: A3	Fail: Lisa 5		

Renoveerimisjärgne vundamendisõlm



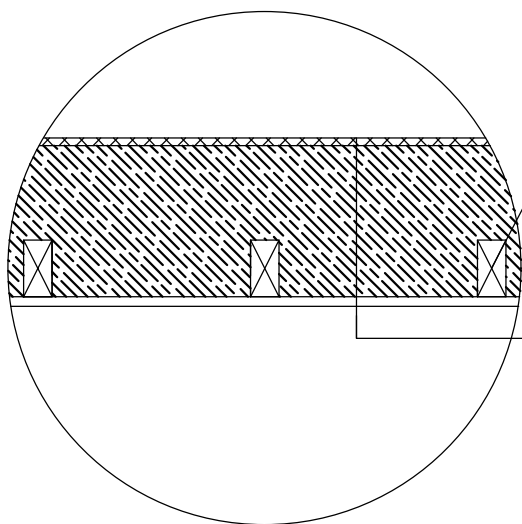
Tellija: Eesti Maaülikool, Kreutswaldi 1, Tartu, 51014		Projekti nimetus: Magistritöö		Projekti nr: MT-19
Objekti aadress: Alutaguse vald, Kaatermu küla, Reisbergi 41205		Ml. 1672 Lõputöö		Staatus: Eelprojekt
Projekteeris	J. Russak; M. Rebane	02.05.2019	Objekti nimetus: Reisbergi talu eluhoone	Osa: Arhitektuurne
Kontrollis	lektor K. Sähk			Alajaotus: Sõlmed
 Eesti Maaülikool Estonian University of Life Sciences Metsandus- ja maaehitusinstituut Institute of Forestry and Rural Engineering			Mõõtkava: 1:20	Jooniste nimetus: Vundamendisõlm
		Lehti: 8	Leht: 4	
		Form: A4	Fail: Lisa 5	

Renoveerimisjärgne välissein




Krohv 15mm
 Krohvimatt
 Palksein 220mm
 Õhutõkkepaber
 Roovitus 50x100mm
 Mineraalvill Isover KL33 100mm
 Tuuletõkkeplaat 30mm
 Distantisliist/õhkvahe 25mm
 Hor. välisvooder 22mm

II korruse pööninglae renoveerimisjärgne lahendus

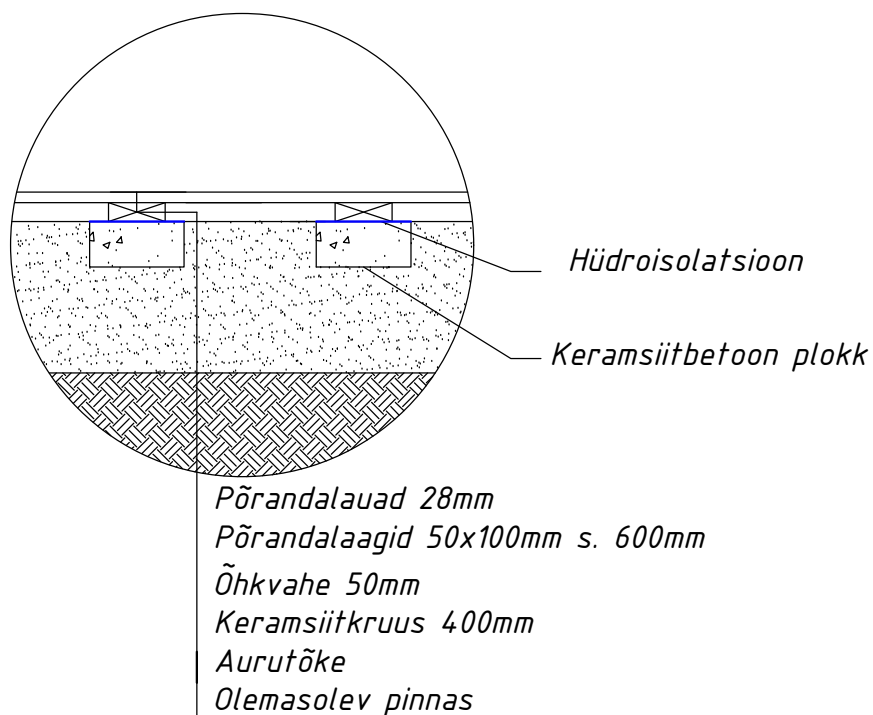



Puittalad sammuga 1100mm

Tuuletõkke plaat 30mm
 Puistevill 400mm
 Aurutõke
 Laudis 25mm
 Vineer

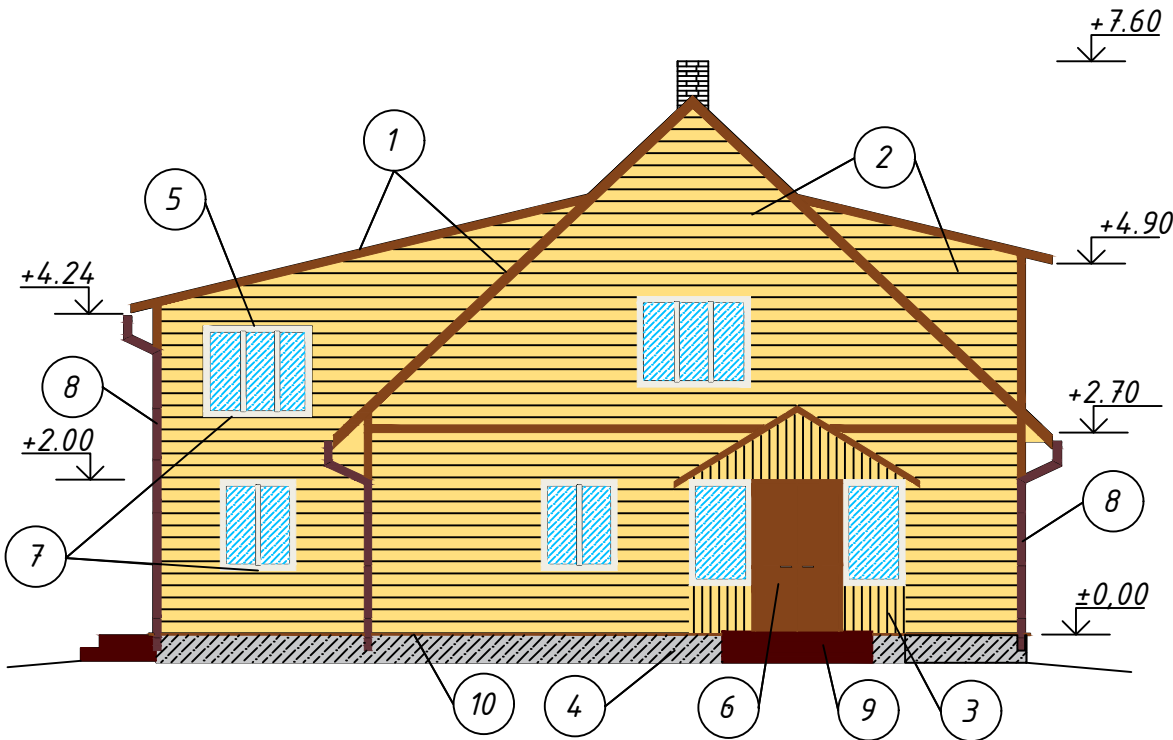
Tellija: Eesti Maaülikool, Kreutswaldi 1, Tartu, 51014			Projekti nimetus: Magistritöö		Projekti nr: MT-19
Objekti aadress: Alutaguse vald, Kaatermu küla, Reisbergi 41205			Ml. 1672 Lõputöö		Staatus: Eelprojekt
Projekteeris	J. Russak; M. Rebane	02.05.2019	Objekti nimetus: Reisbergi talu eluhoone		Osa: Arhitektuurne
Kontrollis	lektor K. Sakk				Alajaotus: Sõlmed
 Eesti Maaülikool Estonian University of Life Sciences Metsandus- ja maaehitusinstituut Institute of Forestry and Rural Engineering				Mõõtkava: 1:20	Jooniste nimetus:
			Lehti: 8	Leht: 5	
			Form: A4	Fail: Lisa 5	

Põranda renoveerimisjärgne lahendus



Tellija: Eesti Maaülikool, Kreutswaldi 1, Tartu, 51014			Projekti nimetus: Magistritöö		Projekti nr: õranda sõlm
Objekti aadress: Alutaguse vald, Kaatermu küla, Reisbergi 41205			Ml. 1672 Lõputöö		Staatus: Eelprojekt
Projekteeris	J. Russak; M. Rebane		02.05.2019	Objekti nimetus: Reisbergi talu eluhoone	Osa: Arhitektuurne
Kontrollis	lektor K. Sahk				Alajaotus: Sõlmed
 Eesti Maaülikool Estonian University of Life Sciences Metsandus- ja maaehitusinstituut Institute of Forestry and Rural Engineering	www.emu.ee			Mõõtkava: 1:20	Jooniste nimetus:
			Lehti: 8	Leht: 6	
			Form: A4	Fail: Lisa 5	

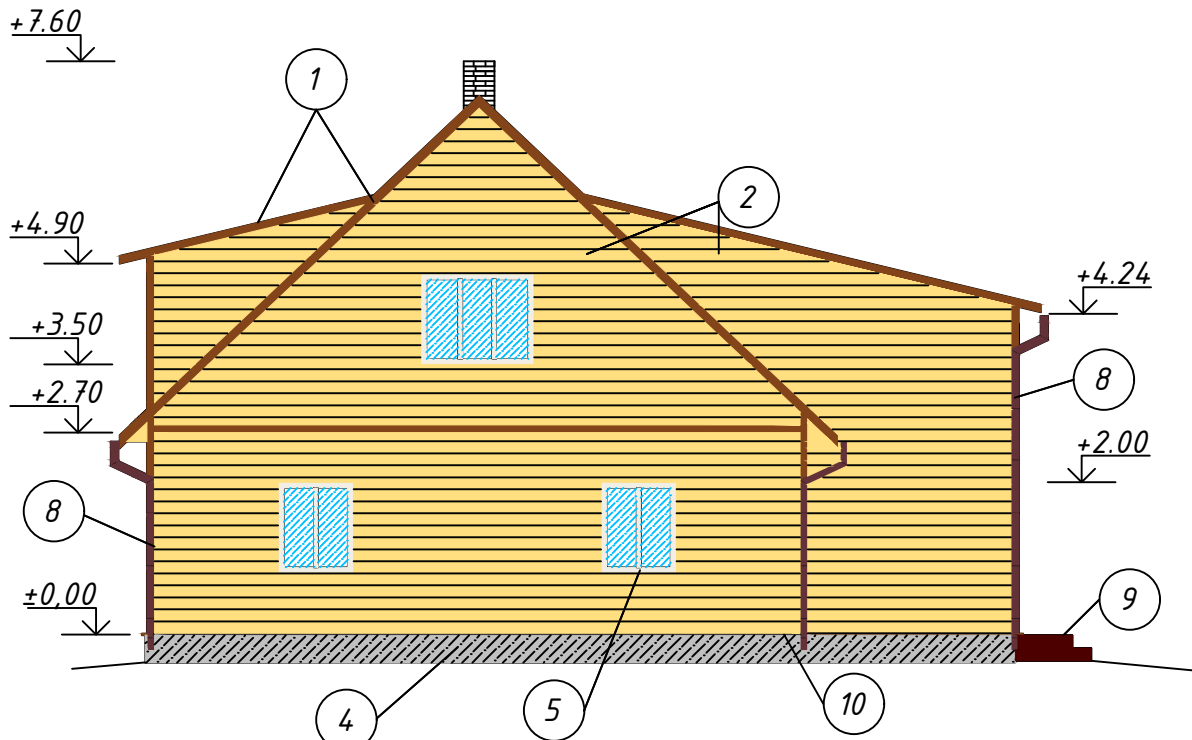
Vaade idast




Viimistlusmaterjalid

1. Katusekate: aspestivaba eterniit
2. Välisseinad: hor. välisvooder RAL 1021 (kollane)
3. Välisseinad: vert. välisvooder Ral 1021 (kollane)
4. Sokkel: krohv, naturaalne hall
5. Aknad, RAL 1015 (valge)

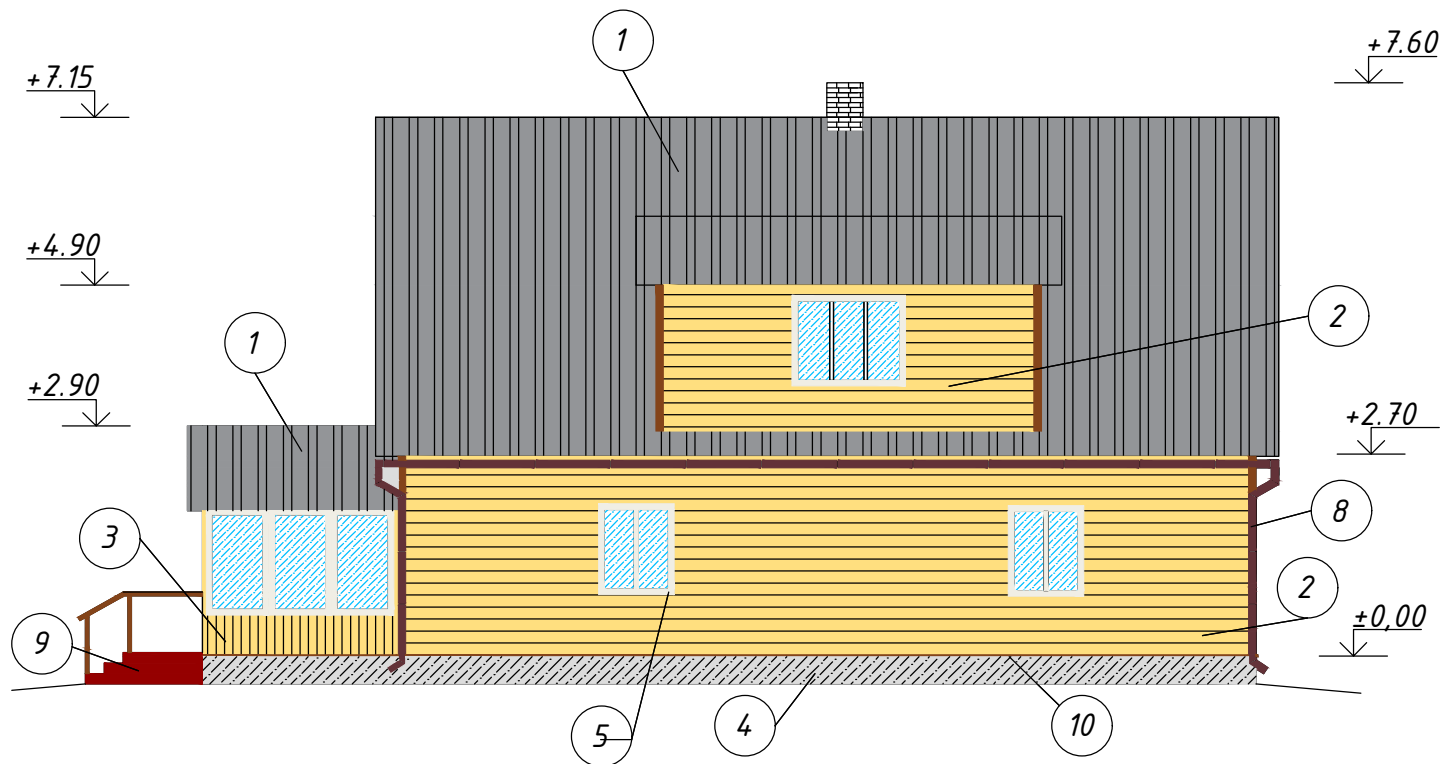
Vaade läänest



6. Uksed RAL 8011 (pruun)
7. Veeplekid RAL 8011 (pruun)
8. Vihmaveesüsteem Ral 8011(pruun)
9. Puittrepp
10. Veelaud RAL 8011 (pruun)

Tellija: Eesti Maaülikool, Kreutswaldi 1, Tartu, 51014			Projekti nimetus: Magistritöö		Projekti nr: MT-19
Objekti aadress: Alutaguse vald, Kaatermu küla, Reisbergi 41205			Ml. 1672 Lõputöö		Staatuse: Eelprojekt
Projekteeris	J. Russak; M. Rebane		02.05.2019	Objekti nimetus: Reisbergi talu eluhoone	Osa: Arhitektuurne
Kontrollis	lektor K. Sähk				Alajaotus: Vaated
 Eesti Maaülikool Estonian University of Life Sciences Metsandus- ja maaehitusinstituut Institute of Forestry and Rural Engineering				Mõõtkava: 1:100	Jooniste nimetus: Vaade idast ja läänes
				Lehti: 8	Leht: 6
				Form: A3	Fail: Lisa 5

Vaade lõunast



Viimistlusmaterjalid

1. Katusekate: aspestivaba eterniit

2. Välisseinad: hor. välisvooder RAL 1021 (kollane)

3. Välisseinad: vert. välisvooder Ral 1021 (kollane)

4. Sokkel: krohv, naturaalne hall

5. Aknad, RAL 1015 (valge)
6. Uksed RAL 8011 (pruun)

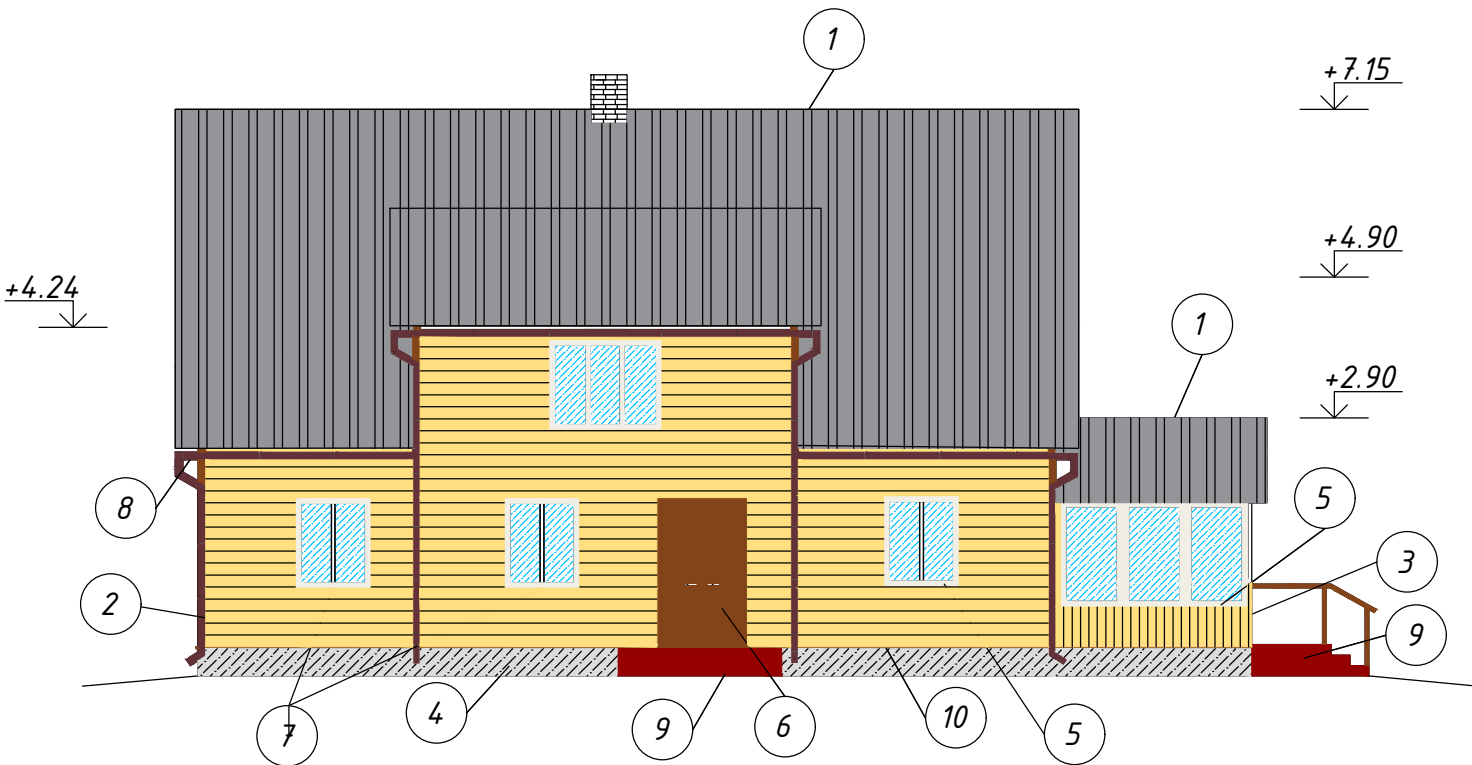
7. Veeplekid RAL 8011 (pruun)


8. Vihmaveesüsteem Ral 8011 (pruun)

9. PuittreppVeelaud RAL 8011 (pruun)

10. Veelaud RAL 8011 (pruun)

Vaade põhjast



Tellija: Eesti Maaülikool, Kreutswaldi 1, Tartu, 51014		Projekti nimetus: Magistritöö		Projekti nr: MT-19
Objekti aadress: Alutaguse vald, Kaatermu küla, Reisbergi 41205		Ml. 1672 Lõputöö		Staatuse: Eelprojekt
Projekteeris	J. Russak; M. Rebane	02.05.2019	Objekti nimetus: Reisbergi talu eluhoone	Osa: Arhitektuurne
Kontrollis	lektor K. Sähk			Alajaotus: Vaated
 Eesti Maaülikool Estonian University of Life Sciences Metsandus- ja maaehitusinstituut Institute of Forestry and Rural Engineering		Mõõtkava: 1:100		Jooniste nimetus: Vaade põhjast ja lõunast
		Lehti: 8	Leht: 8	
		Form: A3	Fail: Lisa 5	

Lisa 6. Hinnapäringu tabel ja hinnapakumised

Tabel 6.1. Hinnapäring ja hinnapakumised.

	PVH Ehitus OÜ				Agretten OÜ				Mapri Ehitus OÜ				Embach Ehitus OÜ			
	maht	ühik	Ühikhind	Hind	maht	ühik	Ühikhind	Hind	maht	ühik	Ühikhind	Hind	maht	ühik	Ühikhind	Hind
1 Alused ja vundamendid			Kokku	45253,5			Kokku	33841,4			kokku	29859,6			Kokku	27493,6
11 Vundament			Kokku	17085,0			Kokku	17506,4			kokku	15307,6			Kokku	14921,7
111 Vundamendi väljakaeve, pinnase äravedu ja tagasitäide	52,1	m3	12,0	625,0	52,1	m3	65,0	3385,2	52,1	m3	31,3	1630,0	52,1	m3	25,0	1302,0
112 Vundamendi pragude injekteerimine (kogu vundament)	1,3	m3	1980,0	2574,0	1,3	m3	2000,0	2600,0	1,3	m3	1600,0	2080,0	1,3	m3	1550,0	2015,0
113 Drenaaži raamine vundamendi äärde	1	tk	5840,0	5840,0	1	tk	5400,0	5400,0	1	tk	5000,0	5000,0	1	tk	4500,0	400,0
114 Vundamendi tasaseks krohvimine	35,0	m2	30,0	1050,0	35,0	m2	21,0		35,0	m2	18,0	630,0	35,0	m2	17,0	595,0
115 Vundamendi soojustus EPS 100mm	43,4	jm	25,0	1085,0	43,4	jm	18,0	781,2	43,4	jm	10,5	455,7	43,4	jm	12,0	520,8
116 Külmakerke soojustus XPS 100 mm	43,4	jm	25,0	1085,0	43,4	jm	18,0	781,2	43,4	jm	10,0	434,0	43,4	jm	12,0	520,8
117 Sokliäärne 400x400 mm laiune sillutusriba kaldega 5% (sademevee ärajuhtimiseks, betoon plaadid)	17,4	m2	68,0	1180,5	17,4	m2	30,0	520,8	17,4	m2	35,0	607,6	44,7	m2	32,5	1452,8
118 Sokli viimistlus	43,4	jm	84,0	3645,6	43,4	jm	70,0	3038,0	35,0	jm	43,4	1519,0	17,4	m2	65,0	1128,4

Lisa 6 järg.

12 Aluspõrandad			Kokku	28168,5			Kokku	16335,0			kokku	14552,0			12571,9	
121 Põranda laudise eemaldus	90,6	m2	12,0	1087,2	90,6	m2	15,0	1359,0	90,6	m2	7,0	634,2	90,6	m2	8,0	724,8
122 Pinnase väljakaev	18,0	m3	110,0	1980,0	18,0	m3	20,0	360,0	18,0	m3	60,0	1080,0	18,0	m3		
123 Olemasolevale pinnasele keramsiitkruusast soojustus 400 mm	36,0	m3	78,0	2808,0	36,0	m3	120,0	4320,0	36,0	m3	65,0	2340,0	36,0	m3	70,0	2520,0
124 Laagide paigaldus 100x50mm s. 600 mm	146,9	jm	87,0	12780,3	146,9	jm	30,0	4407,0	146,9	jm	25,0	3672,5	146,9	jm	22,0	3231,8
125 Põranda laudade paigaldus (28 mm), (vajadusel lihv, õlitus), põrandaliistud	90,6	m2	105,0	9513,0	90,6	m2	65,0	5889,0	80,0	m2	55,0	4400,0	80,0	m2	50,0	4000,0
2 Kandetarindid			Kokku	36020,8			Kokku	34704,4			Kokku	33201,2			Kokku	41453,3
21 Välisseinad			Kokku	29551,6			Kokku	28064,4			Kokku	26415,2			Kokku	33927,5
211 Välisvoodri eemaldus	238,2	m2	12,0	2858,4	238,2	m2	15,0	3573,0	238,2	m2	8,0	1905,6	238,2	m2	6,0	1429,2
212 Kahjustatud palkide välja vahetamine (kogu perimeetris 2 alumist rida)	43,4	jm	65,0	2821,0	43,4	jm	65,0	2821,0	43,4	jm	40,0	1736,0	43,4	jm	35,0	1519,0
213 Hüdroisolatsiooni paigaldus vundamendi ja alumise palgirea vahele	43,4	jm	6,0	260,4	43,4	jm	5,0	217,0	43,4	jm	3,5	151,9	43,4	jm	11,0	477,4
214 Palgi vahede tihendamine	911,4	jm	5,0	4557,0	911,4	jm	5,0	4557,0	911,4	jm	2,3	2096,2	911,4	jm	7,0	6379,8
215 Roovitise paigaldus 50x100 mm s. 600 mm	367,2	jm	12,0	4406,4	367,2	jm	10,0	3672,0	367,2	jm	7,5	2754,0	367,2	jm	8,0	2937,6
216 Soojustuse paigaldus 100 mm (õhutõkkepaber all)	260,0	m2	11,0	2860,0	260,0	m2	15,0	3900,0	260,0	m2	8,6	2233,2	260,0	m2	10,0	2600,0
217 Tuuletõkkeplaadi paigaldus 30mm	260,0	m2	13,0	3380,0	260,0	m2	12,0	3120,0	260,0	m2	9,0	2340,0	260,0	m2	8,5	2210,0
218 Vertikaalse roovituse paigaldus 25 mm	320,0	jm	4,0	1280,0	320,0	jm	3,0	960,0	320,0	jm	3,8	1216,0	320,0	jm	4,0	1280,0

Lisa 6 järg.

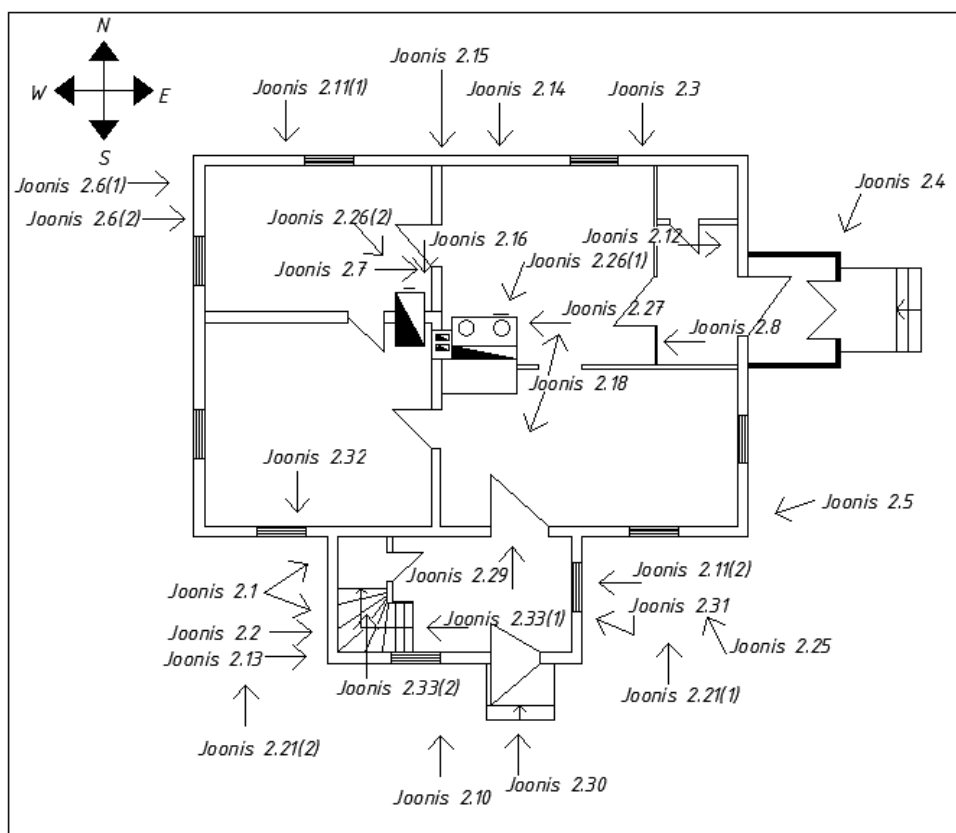
219 Uue horisontaalse välisvoodri paigaldus 22 mm	238,3	m2	26,0	6196,3	238,3	m2	20,0	4766,4	238,3	m2	30,0	7149,6	238,3	m2	36,0	8579,5
220 Veelaua paigaldus	47,8	jm	19,5	932,1	47,8	jm	10,0	478,0	47,8	jm	9,0	430,2	47,8	jm	18,0	860,4
22 Vahe- ja katuslaed			Kokku	6469,2			Kokku	6640,0			kokku	6786,0			Kokku	7525,8
221 II k. (pööningu) vahelae soojustamine 400 mm puistevill (all aurutõkkele) (koos soojustuse väljaveoga)	52,0	m3	15,0	780,0	52,0	m3	20,0	1040,0	52,0	m3	17,0	884,0	52,0	m2	28,0	1456,0
222 Tuuletõkkeplaadi paigaldus	87,0	m2	13,0	1131,0	87,0	m2	12,0	1044,0	87,0	m2	8,0	696,0	87,0	m2	8,5	739,5
223 Katuse läbiviikude parandamine	80,0	m2	24,0	1920,0	80,0	m2	24,0	1920,0	80,0	m2	18,8	1500,0	80,0	m2	20,0	1600,0
224 Räästa kasti korrastamine	32,0	jm	54,0	1728,0	32,0	jm	50,0	1600,0	32,0	jm	40,0	1280,0	32,0	jm	45,0	1440,0
225 Vihmaveesüsteemide rajamine	37,0	jm	24,6	910,2	37,0	jm	28,0	1036,0	37,0	jm	35,0	1295,0	37,0	jm	28,0	1036,0
3 Avatäited			Kokku	16804,0			Kokku	9490,0			kokku	8646,0			Kokku	7464,0
31 Aknad			Kokku	10034,0			Kokku	6690,0			kokku	6420,0			Kokku	5742,0
311 Olemasolevate akende paigaldus (ajadusel põskede korda tegemine)	13,0	tk	678,0	8814,0	13,0	tk	450,0	5850,0	13,0	tk	350,0	4550,0	13,0	tk	325,0	4225,0
312 Aknalaudade paigaldus	20,0	jm	45,0	900,0	20,0	jm	22,0	440,0	20,0	jm	25,0	500,0	20,0	jm	18,0	360,0
313 Akna plekkide paigaldus	20,0	jm	16,0	320,0	20,0	jm	20,0	400,0	20,0	jm	15,0	300,0	20,0	jm	10,0	200,0
32 Uksed				6770,0				2800,0				2226,0			Kokku	1722,0
321 Välisuste korrastamine 1,2x2,1 m	2,0	tk	1450,0	2900,0	2,0	tk	500,0	1000,0	2,0	tk	590,0	1180,0	2,0	tk	425,0	850,0
322 Siseuste korrastamine	9,0	tk	430,0	3870,0	9,0	tk	200,0	1800,0	9,0	tk	75,0	675,0	9,0	tk	65,0	585,0
4 Ruumitarandid ja pinnakatted			Kokku	6392,5			Kokku	5395,0			kokku	6966,0			Kokku	7266,0
41 Siseseinte pinnakatted			Kokku	6392,5			Kokku	5395,0			kokku	6966,0			Kokku	7266,0

Lisa 6 järg.

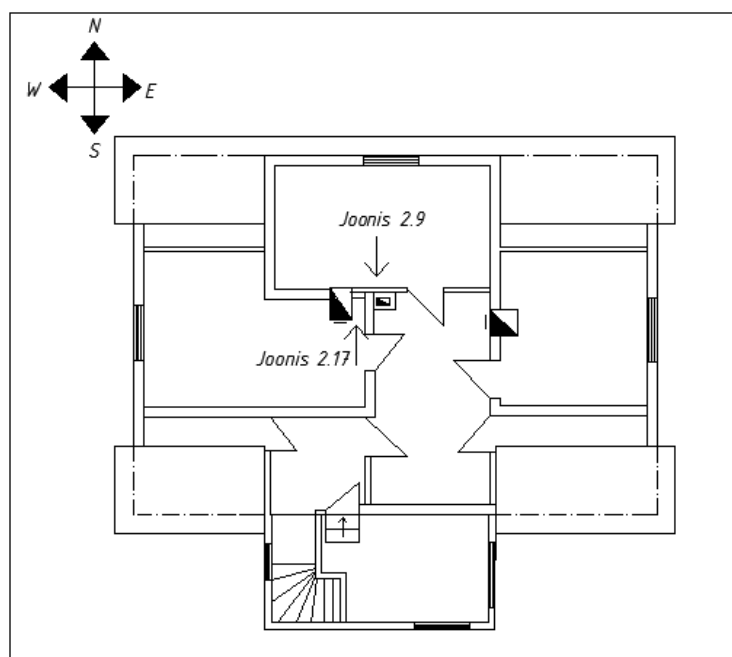
411 Siseseinte krohvimine lubikrohviga	35,0	m2	21,0	735,0	35,0	m2	12,0	420,0	35,0	m2	11,0	385,0	35,0	m2	25,0	875,0
412 Siseseinte viimistlus (pahtel+värv)	35,0	m2	14,5	507,5	35,0	m2	15,0	525,0	35,0	m2	12,0	420,0	35,0	m2	18,0	630,0
415 Tapetseerimine	250,0	m2	13,0	3250,0	250,0	m2	15,0	3750,0	250,0	m2	18,0	4500,0	250,0	m2	17,0	4250,0
415 Trepri korrastamine	1,0	tk	1900,0	1900,0	1,0	tk	700,0	700,0	1,0	tk	500,0	500,0	1,0	tk	300,0	300,0
5 Tehnosüsteemid			Kokku	13980,0			Kokku	9100,0			kokku	7896,0			Kokku	7860,0
51 Küttekolded			Kokku	7000,0			Kokku	3800,0			kokku	3480,0			Kokku	2820,0
511 Küttekollete remont	4,0	tk	1240,0	4960,0	4,0	tk	500,0	2000,0	4,0	tk	350,0	1400,0	4,0	tk	250,0	1000,0
512 Korstna remont/uuesti ladumine	3,0	jm	680,0	2040,0	3,0	m	600,0	1800,0	3,0	jm	500,0	1500,0	3,0	jm	450,0	1350,0
52 Ventilatsioon			Kokku	6980,0			Kokku	5300,0			kokku	4416,0			Kokku	5040,0
521 Soojustagastusega ventilatsiooni rajamine	1,0	tk	6980,0	6980,0	1,0	tk	6100,0	5300,0	1,0	tk	3680,0	3680,0	1,0	tk	4200,0	4200,0
6 Lisakulud	8291,6						6477,2				6059,8				6407,6	
7 Tellija reserv	11845,1						9253,1				8656,9				9153,7	
Kogumaksumus	138587,5				108261,0				101285,5				107098,2			

Lisa 7. Teostatud fotode asukohad

Eluhoone teostatud fotode asukohad

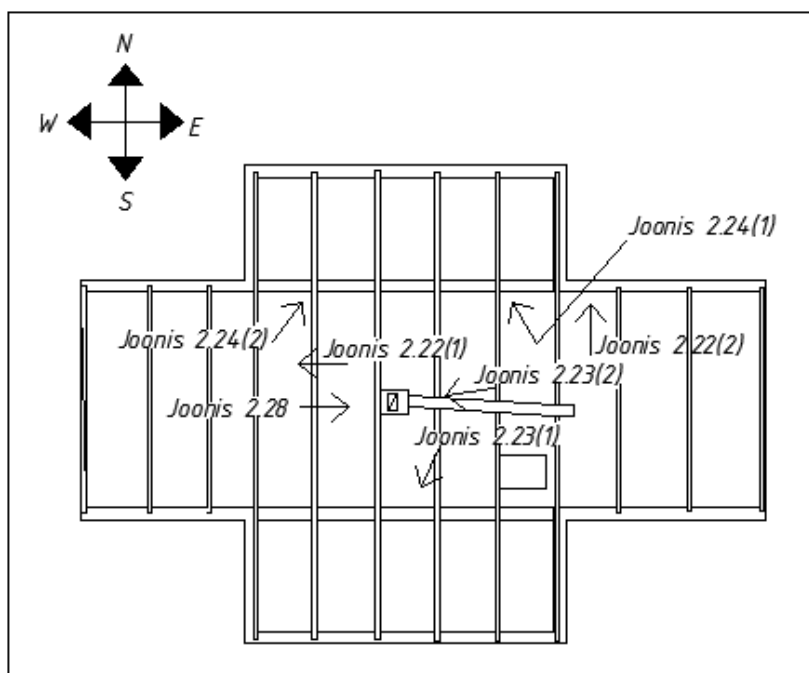


Joonis L 7.1. Eluhoone 1. korruse teostatud fotode asukohad. (Allikas: autorite erakogu)

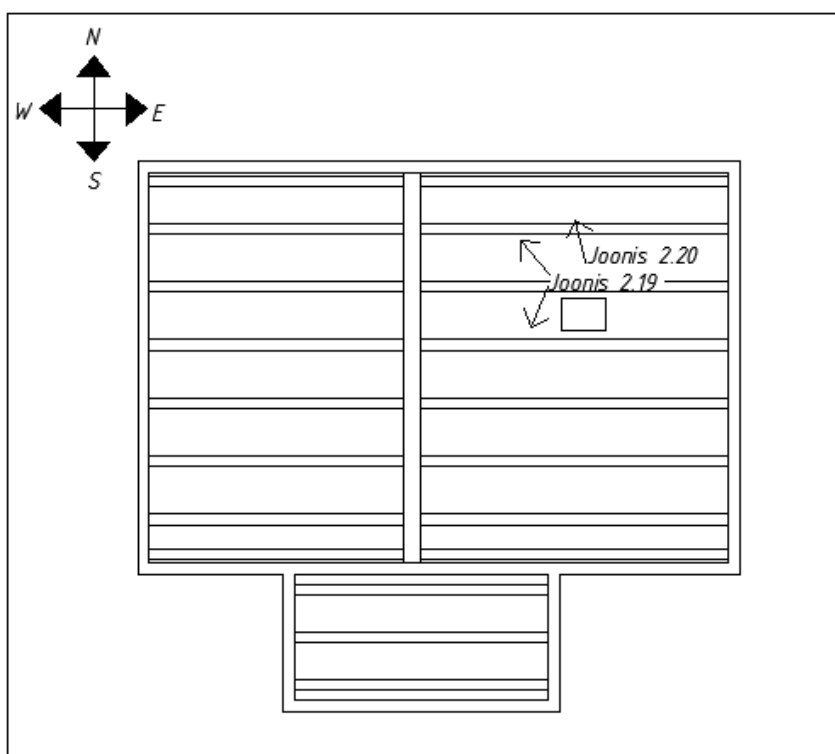


Joonis L 7.2 Eluhoone 2. korruse teostatud fotode asukohad. (Allikas: autorite erakogu)

Lisa 7 järg.



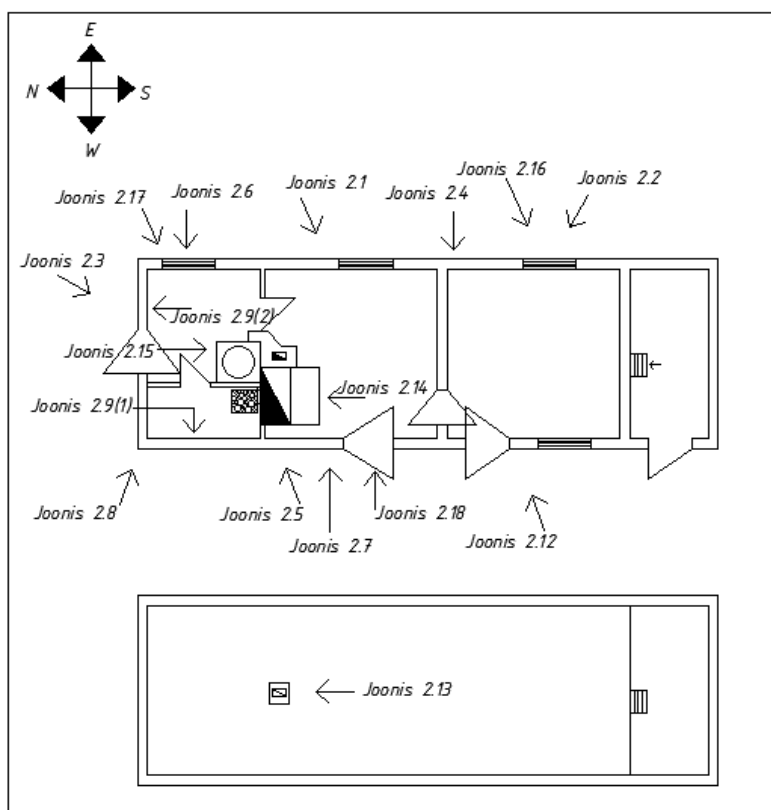
Joonis L 7.3. Eluhoone pööningu vahelae teostatud fotode asukohad. (Allikas: autorite erakogu)



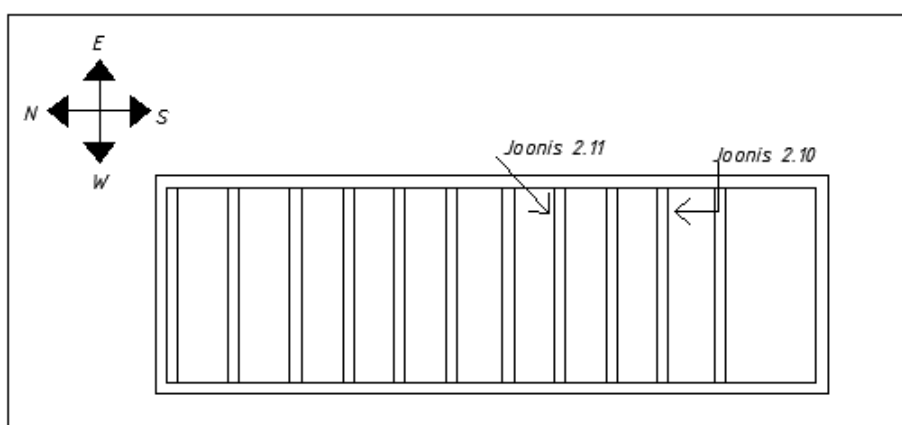
Joonis L 7.4 Eluhoone 1. korruse põranda aluse teostatud fotode asukohad. (Allikas: autorite erakogu)

Lisa 7 järg.

Saunahoone teostatud fotode asukohad



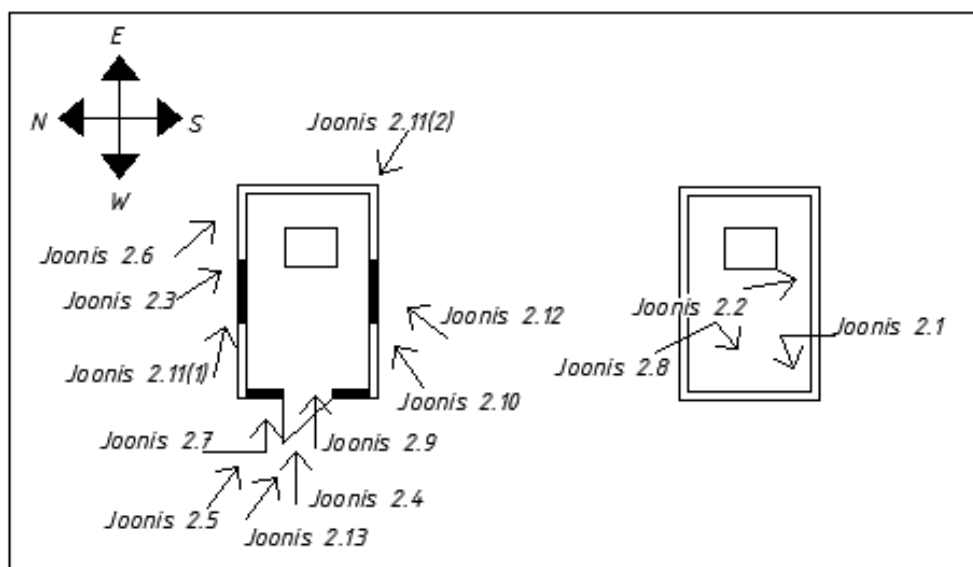
Joonis L 7.5. Saunahoone 1. korruse (ülemine) ja pööningu vahelae (alumine) teostatud fotode asukohad. (Allikas: autorite erakogu)



Joonis L 7.6. Saunahoone 1. korruse põranda aluse teostatud fotode asukohad. (Allikas: autorite erakogu)

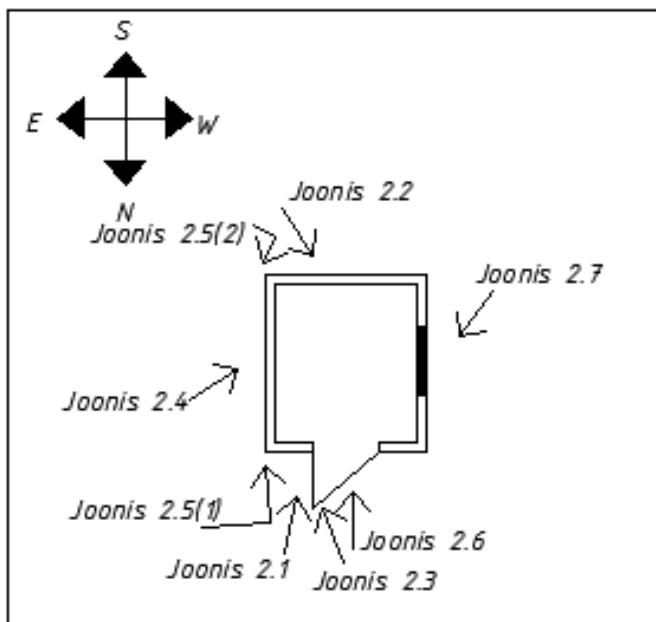
Lisa 7 järg.

Pumbamaja nr 1 teostatud fotode asukohad



Joonis L 7.7. Pumbamaja nr 1 1. korruse ja keldri teostatud fotode asukohad. (Allikas: autorite erakogu)

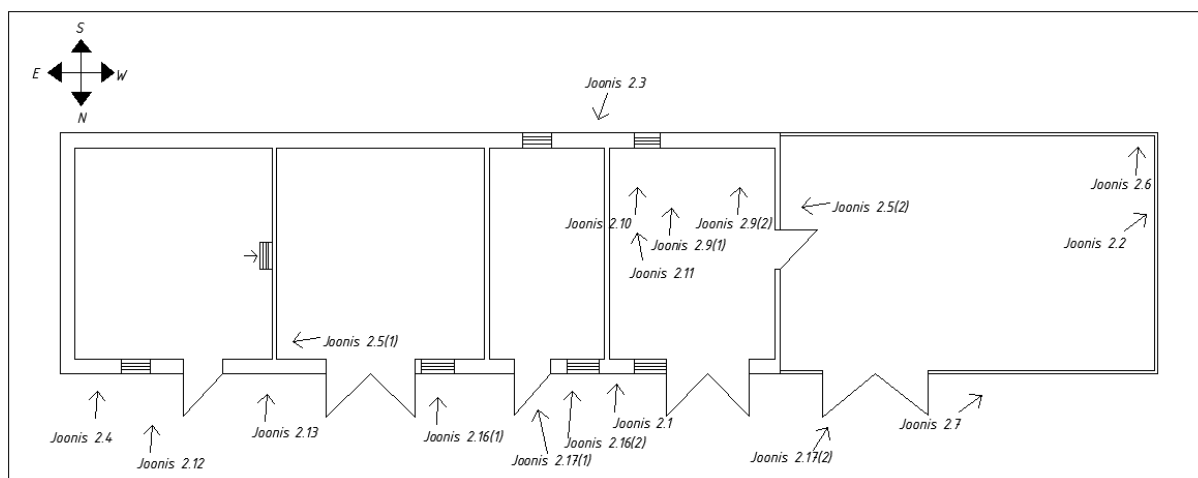
Pumbamaja nr 2 teostatud fotode asukohad



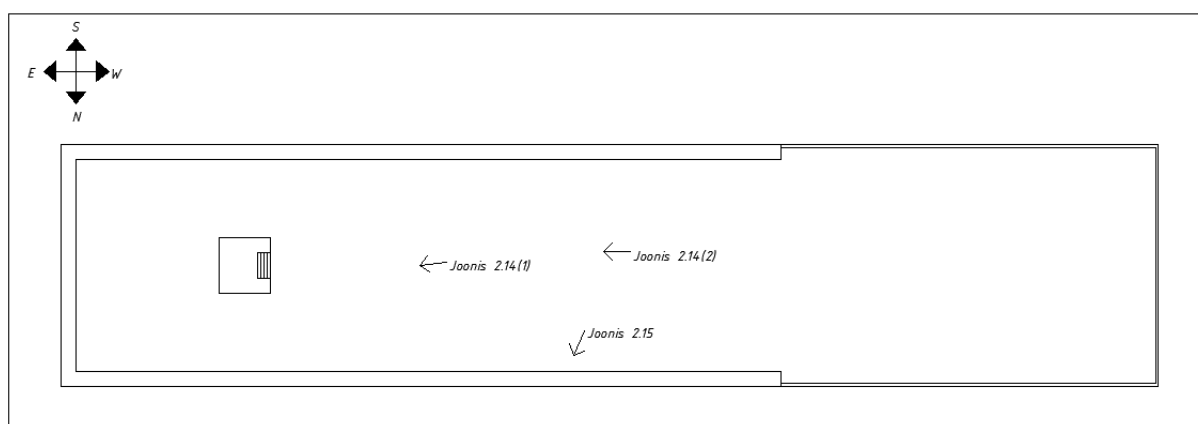
Joonis L 7.8. Pumbamaja nr 2 1. korruse teostatud fotode asukohad. (Allikas: autorite erakogu)

Lisa 7 järg

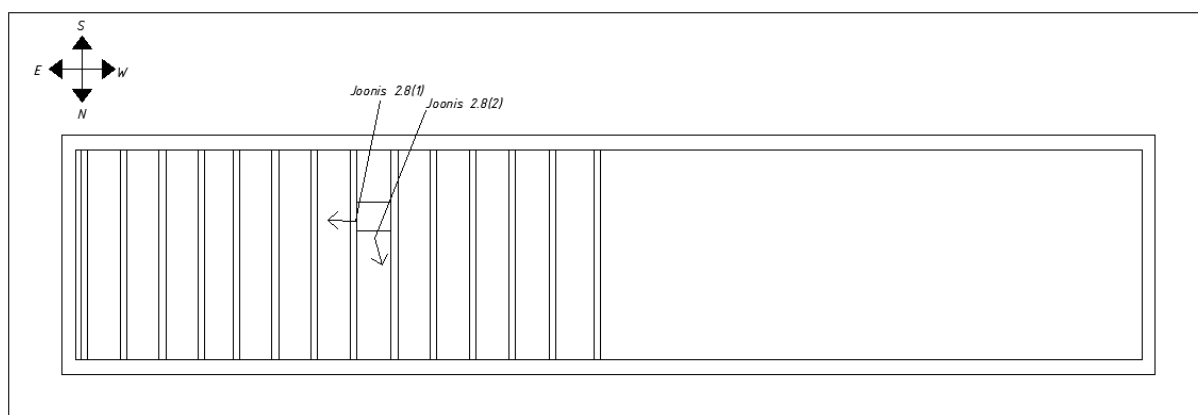
Abihoone teostatud fotode asukohad



Joonis L 7.9. Abihoone 1. korruse teostatud fotode asukohad. (Allikas: autorite erakogu)



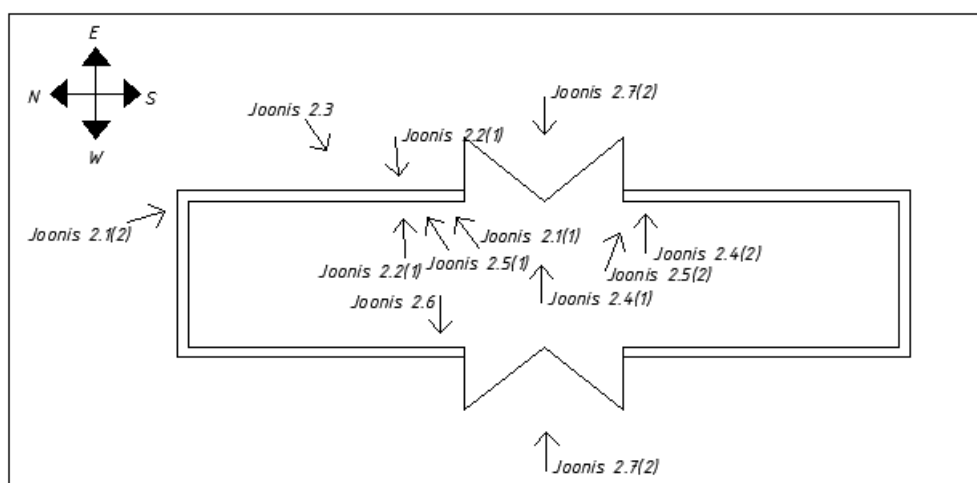
Joonis L 7.10. Abihoone pööningu vahelae teostatud fotode asukohad. (Allikas: autorite erakogu)



Joonis L 7.11. Abihoone 1. korruse põranda aluse teostatud fotode asukohad. (Allikas: autorite erakogu)

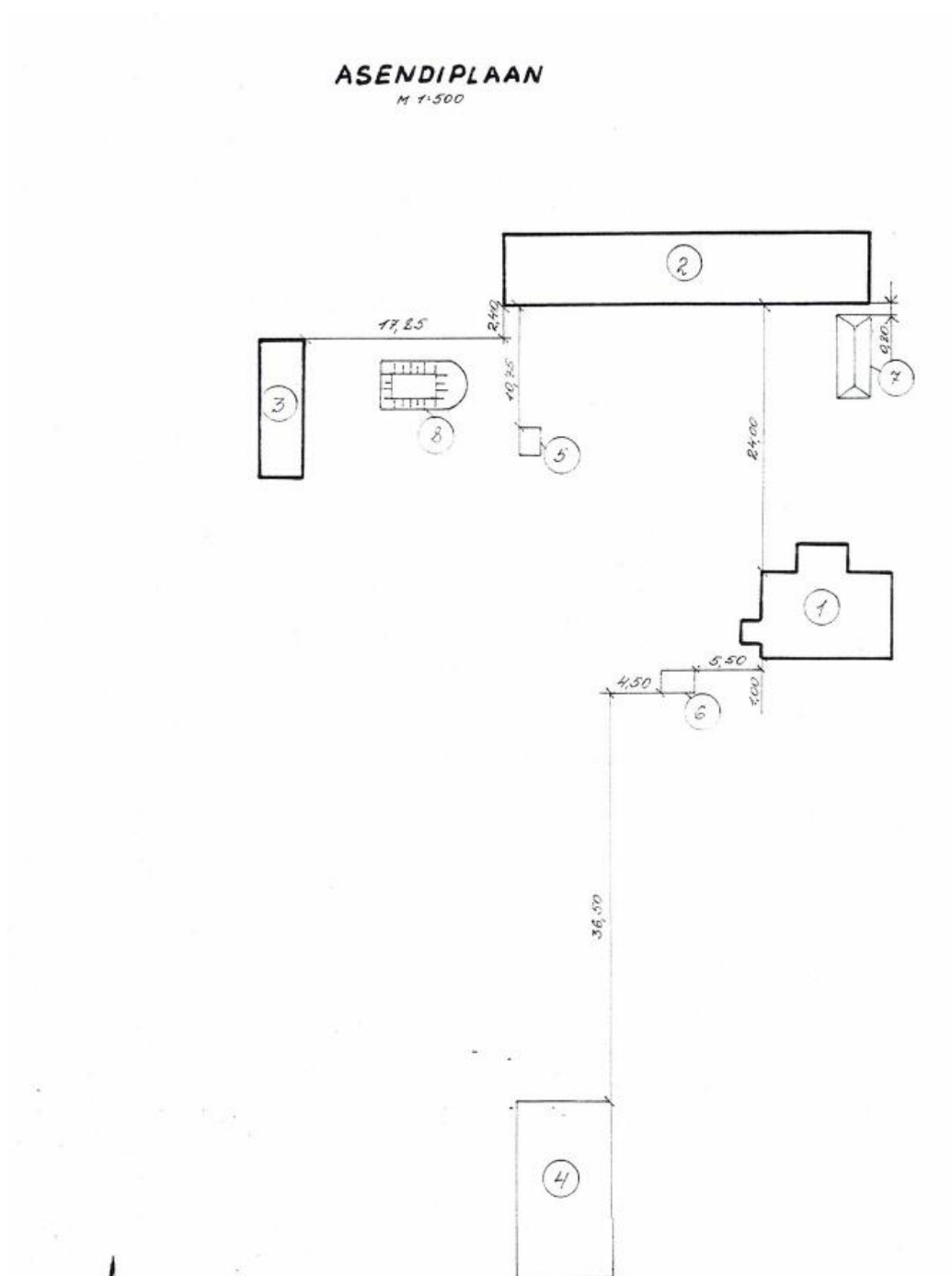
Lisa 7 järg

Kuuri teostatud fotode asukohad



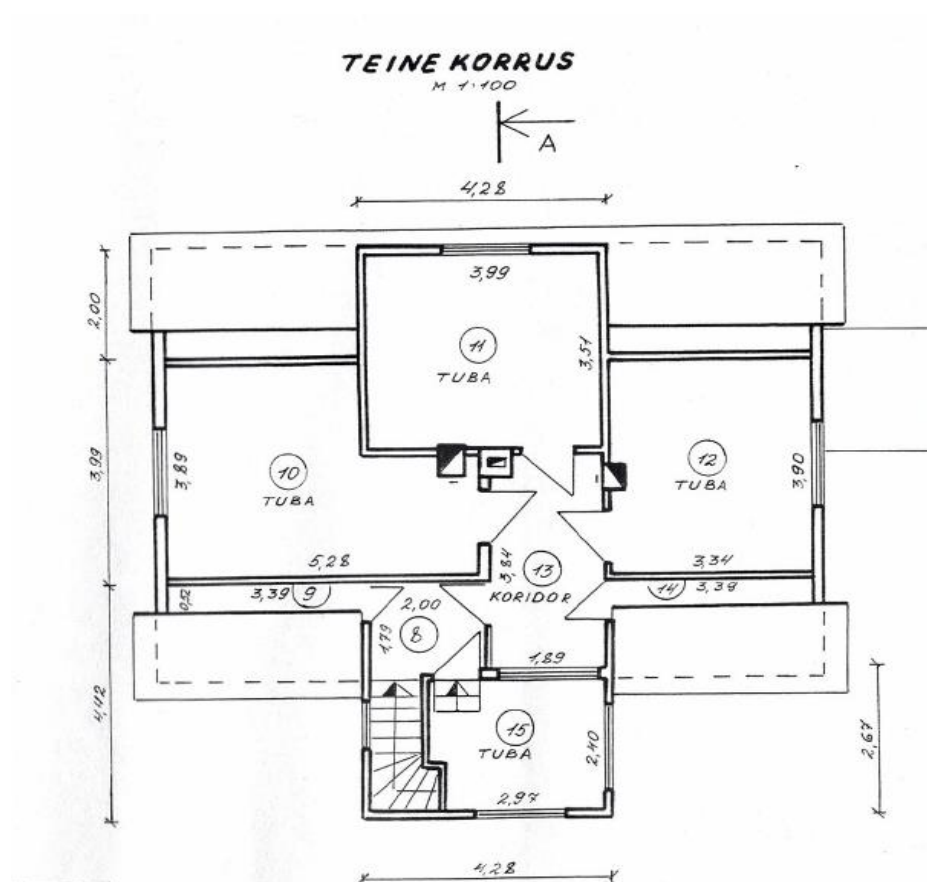
Joonis L 7.12. Kuuri teostatud fotode asukohad. (Allikas: autorite erakogu)

Lisa 8. Majavalduse inventariseerimise joonised

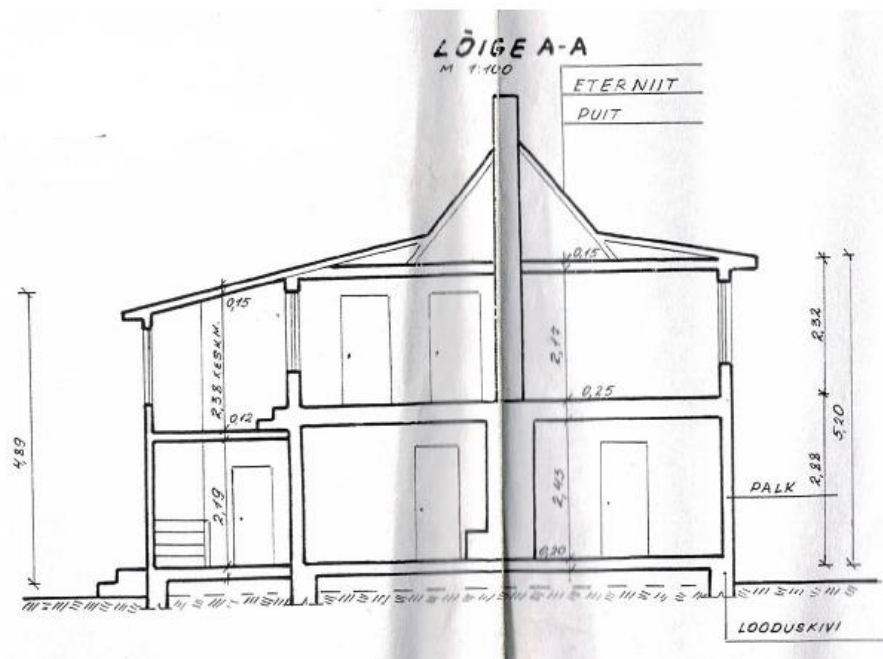


Joonis L 8.1. Reisbergi talu asendiplaan. (Allikas: Pelicani kinnisvara OÜ)

Lisa 8 järg.

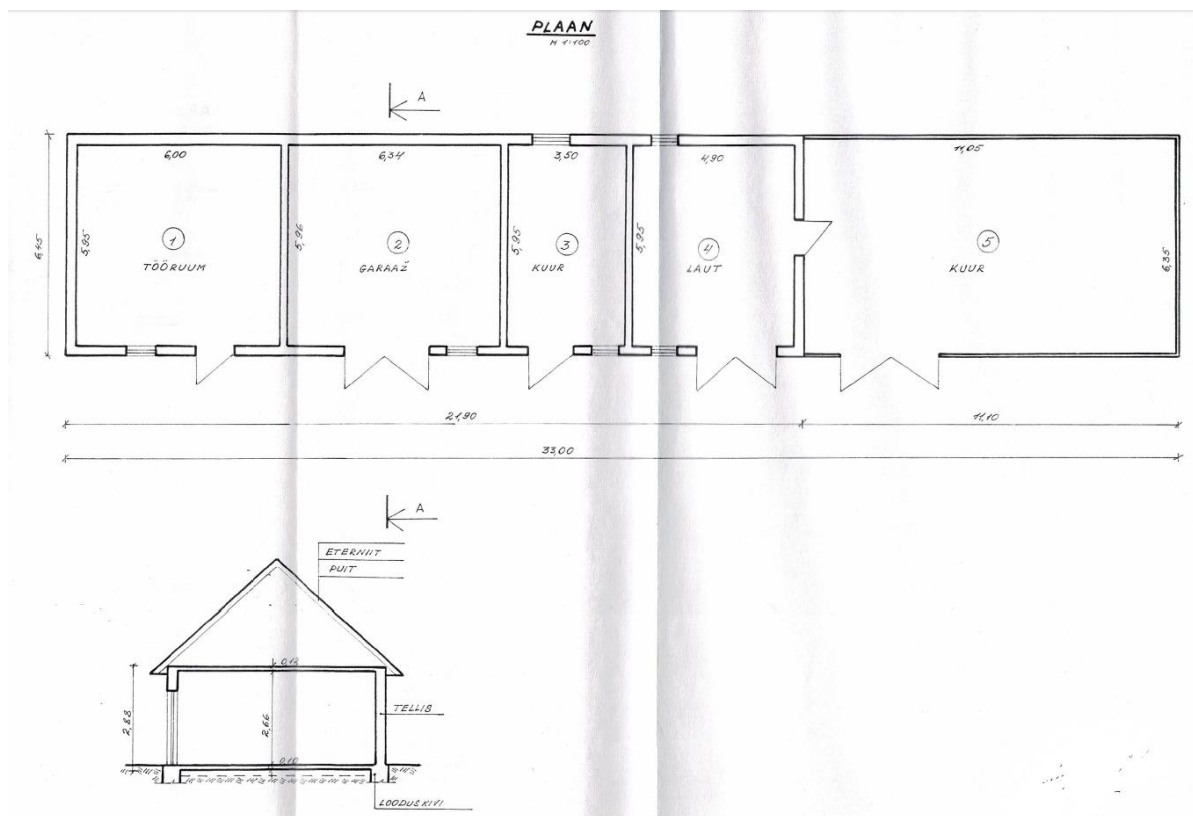


Joonis L 8.3. Eluhoone 2. korruse plaan. (Allikas: Pelicani kinnisvara OÜ)



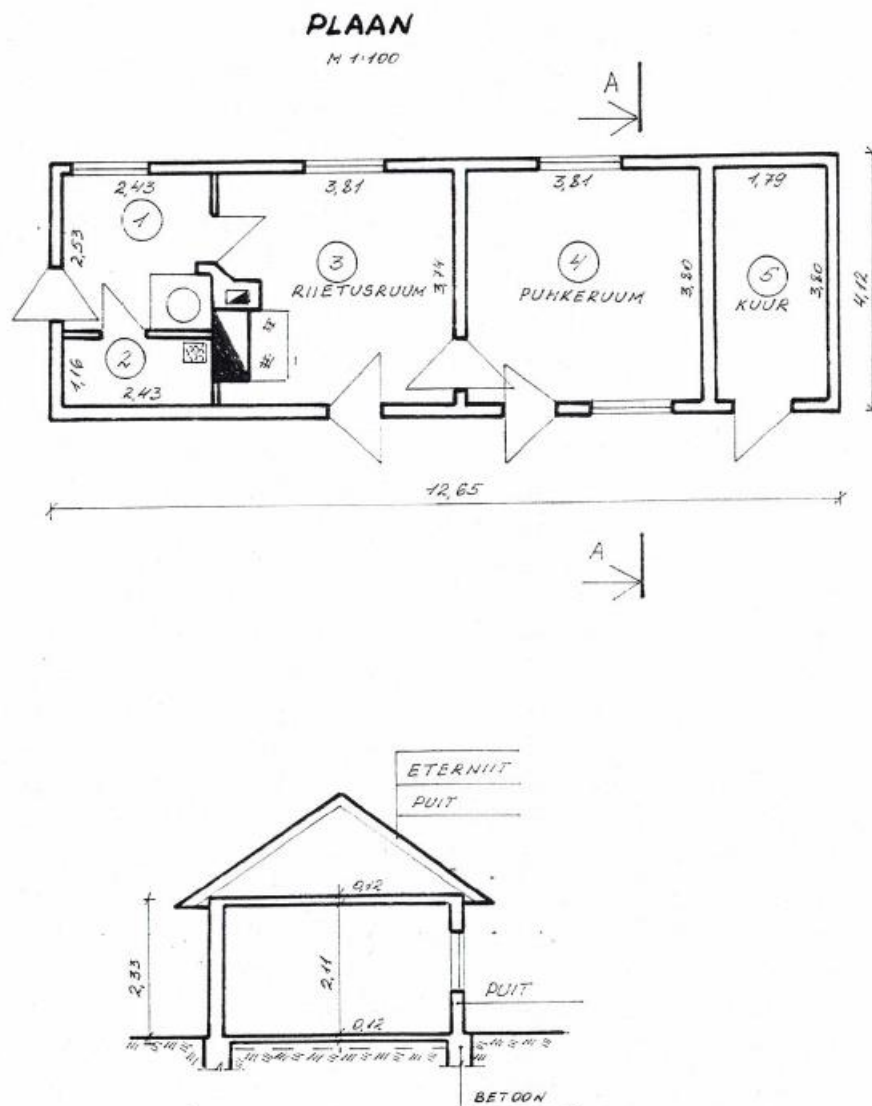
Joonis L 8.4. Eluhoone lõige. (Allikas: *Pellicani kinnisvara OÜ*)

Lisa 8 järg.



Joonis L 8.5. Abihoone plaan ja lõige. (Allikas: Pelicani kinnisvara OÜ)

Lisa 8 järg.



Joonis L 8.6. Saunahoone plaan ja lõige. (Allikas: Pelicani kinnisvara OÜ)

**Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks
ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, Joosep Russak,
(sünnipäev pp/kuu/aa 16.02.1995)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö
Reisbergi talu ehitustehnilise seisukorra hindamine ja eluhoone renoveerimislahenduste
väljatoomine koos maksumuse analüüsiga,
mille juhendaja on Kaarel Sähk,

- 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
- 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
- 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega
isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor

allkiri

Tartu, 3.06.2019

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)

**Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks
ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, Mikk Rebane,
(sünnipäev pp/kuu/aa 05.06.1995)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö
Reisbergi talu ehitustehnilise seisukorra hindamine ja eluhoone renoveerimislahenduste
väljatoomine koos maksumuse analüüsiga,
mille juhendaja on Kaarel Sähk,

- 1.1 salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
- 1.2 digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
- 1.3 veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega
isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor

allkiri

Tartu, 3.06.2019

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)